Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 4, Sept-Oct 2020, p. 897-919

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۹، ص. ۹۱۹-۸۹۷

مقاله علمی-پژوهشی

ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک در دیمزارهای شمال‌غرب ایران با استفاده از ارزش شاخص عناصر غذایی (NIV)

ولی فیضی اصل[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۰

چکیده

حاصلخیزی خاک و مدیریت عناصر غذایی یکی از مهمترین عواملی است که به‌صورت مستقیم عملکرد و کیفیت محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد. درک صحیح از وضعیت حاصلخیزی خاک و مصرف بهینه عناصر غذایی به‌عنوان کلید موفقیت تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. به‌منظور ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک در دیمزارهای شمال‌غرب کشور تعداد ۶۷۴ نمونه خاک از استان‌های آذربایجان‌شرقی، آذربایجان‌غربی، کردستان و کرمانشاه از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری تهیه شد. در این نمونه‌ها بافت خاک، کربنات کلسیم معادل، کربن آلی، نیتروژن کل، EC، pH، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس قابل جذب اندازه‌گیری شد. تفسیر داده‌ها با استفاده از ارزش شاخص عناصر غذایی (NIV) بر مبنای دو روش کلاس‌بندی گومز و مرسوم انجام گرفت. نتایج نشان داد، روش گومز نمی‌تواند وضعیت عمومی ویژگی‌های خاک را در یک جامعه به دلیل میل به مرکزیت داده‌ها (وضعیت بهینه) ارزیابی نماید. در محاسبه شاخص NIV، روش مرسوم در اغلب موارد به دلیل انطباق بیشتر با واقعیات موجود در دیمزارها بهتر از روش گومز بود. بر خلاف تصور شوری و آهک به عنوان مشکل جدی در دیمزارها محسوب نمی‌شود، اما با افزایش میزان آهک، میزان فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس به طور معنی‌داری کاهش یافت. وضعیت ماده‌آلی در آذربایجان‌غربی و شرقی، نیتروژن کل در آذربایجان‌شرقی، فسفر آذربایجان‌غربی و کردستان، آهن آذربایجان‌غربی و کردستان، منگنز آذربایجان‌غربی، روی آذربایجان‌شرقی و مس آذربایجان‌غربی و آذربایجان‌شرقی کم ارزیابی شد. بنابراین به‌منظور بهبود کمّی و کیفی تولید در شرایط دیم، علاوه بر عناصر نیتروژن و فسفر باید به وضعیت عناصر کم‌مصرف نیز توجه شود.

واژه‌های کلیدی: حاصلخیزی خاک، دیم، شاخص عناصر غذایی، شمال‌غرب ایران

مقدمه

امروزه افزایش مصرف کودها نه تنها به نفع کشاورزان نیست، بلکه این کار به نفع مصرف کنندگان محصولات کشاورزی نیز نمی‌باشد. با وجود این، بدون مصرف کودها نمی‌توان سطح قابل قبولی از عملکرد را از گیاهان زراعی برداشت نمود. حاصلخیزی خاک‌های زراعی به دلیل مصرف کودها و تغییرات فصلی متغیر است. اگر سطح مناسبی از حاصلخیزی خاک در تامین عناصر غذایی برای رشد گیاهان زراعی در اراضی کشاورزی حفظ شود، در چنین شرایطی، امکان تولید در سطح قابل قبولی وجود خواهد داشت (۲۶ و ۳۲). از سوی دیگر، بدون توجه به سطح حاصلخیزی خاک با مصرف نادرست کودهای شیمیایی و آلی نه تنها عملکرد کمّی و کیفی بهبود نمی‌یابد، بلکه این عمل باعث به هم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک و گیاه می‌شود و مسائل زیست محیطی را نیز به دنبال دارد (۱).

به منظور اطلاع از وضعیت فعلی حاصلخیزی خاک، حفظ حاصلخیزی و توصیه کودی برای تولید بهینه محصول، نیاز به آزمون خاک می‌باشد (۲۶). آزمون خاک اطلاعاتی را در اختیار کشاورزان قرار می‌دهد که بر اساس آن می‌توانند از منافع مصرف کودهای آلی و شیمیایی برای رشد مطلوب گیاهان زراعی بهره‌مند شوند. با وجود این، نتایج آزمون خاک قادر به پوشش تمامی سطوح مزرعه و یا بسیاری از مزارع نیست. چنانچه نتایج آزمون خاک برای برخی و یا تمامی مزارع در دسترس نباشد، می‌توان داده‌های موجود آزمون خاک را برای هر

۱- استادیار مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: vfeiziasl@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jsw.v34i4.84165

عنصـر غذایی (یا ویژگی خاک) به یک مقدار یا شـاخص تبدیل نمود. سـپس از ارزش شـاخص عناصـر غذایی[1] (NIV) محاسبه شده، برای تهیه نقشـه‌های حاصـلخیزی خاک و همچنین مقایسـه سـطوح حاصـلخیزی خاک یک منطقه با سـایر مناطق به عنوان مبنایی برای توصـیه کودی در مناطق مختلف کشـاورزی و زیست محیطی استفاده نمود (۴۴). نقشـه حاصـلخیزی خاک، یک نمایش جغرافیایی است که تنوع وضـعیت حاصـلخیزی خاک یک منطقه را نشـان می‌دهد. تهیه نقشه حاصلخیزی خاک روشی سریع و کارآمد برای تولید اطلاعات در مورد حاصلخیزی خاک هر منطقه به صورت گسترده می‌باشد که برای کشـاورزان بسـیار مفید اسـت. این نقشـه‌ها مبنای توصیه‌های کودی، پـایش تغییرات تغذیه‌ای خاک و یکی از ابزارهای مهم برای پیش‌بینی کمبود یا سمیت عناصر غذایی در خاک می‌باشند (۳۲).

اگرچه روش ارزش شـاخص عناصـر غذایی (NIV) در ارزیابی وضـعیت حاصـلخیزی خاک نزدیک به ۷ دهه پیش توسـط پارکر و همکاران (۳۴) معرفی شـد اما پژوهشـگران زیادی در دو دهه اخیر با اسـتفاده از این روش وضـعیت حاصـلخیزی اراضـی را در اقلیم‌های مختلف از لحاظ عناصر غذایی و ویژگی‌های موثر بر حاصلخیزی خاک با موفقیت مورد ارزیابی قرار داده‌اند (۶، ۸، ۹، ۲۵، ۲۸، ۳۲، ۳۶ و ۳۹). دنیس و همکـاران (۸) از طریق NIV دامنه اغلب عناصـر غذایی و ویژگی‌های خاک را در خاک‌های زراعی ایالت کارناتاکای هندوستان با ۱۱۸ نمونه خاک، بسـیار متغیر (کم تا زیاد) اما آهن و روی قابل جذب و سـولفات را کم، پتاسـیم و منگنز قابل جذب و همچنین EC را زیاد تشخیص دادند. بر این اساس، آنها مدیریت‌های مختلفی مانند مصرف برخی عناصر غذایی، افزایش منابع آلی عناصر غذایی در خاک، استفاده پایدار از اراضی و سیستم‌های تناوبی و عملیات زراعی مناسب را برای برخی مکان‌ها توصـیه کردند. راغب و همکاران (۳۷) با استفاده از این روش وضعیت عناصر کم‌مصرف را در دره نیل مصر مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که منگنز و مس قابل جذب (DTPA) در تمامی خاک‌ها بالا و روی قابل جذب در کلاس متوسـط قرار دارد. همچنین آنها گزارش کردند، بین عناصـر کم مصـرف و pH، EC و $CaCO_3$ همبسـتگی منفی و بـا مواد آلی و ظرفیـت تبـادل کـاتیونی (CEC) همبسـتگی مثبـت و معنی‌داری وجود دارد. داماک و همکاران (۹) با برداشـت ۱۴۰ نمونه خاک از غرب کشـور هندوسـتان از سـه رده ورتی‌سـول، اینسپتی‌سول و انتی‌سول مشاهده کردند، نیتروژن و فسفر قابل جذب در کلاس کم، پتاسـیم قابل جذب، کلسـیم قابل تبادل و گوگرد قابل جذب در کلاس زیاد و منیزیم قابل تبادل در حد بهینه در این خاک‌ها وجود دارند. این در حالی است که کومار و همکاران (۲۵) کمبود گوگرد قـابـل جـذب را در خـاک‌هـای جنوب و غرب کشـور هندوسـتان با اسـتفاده از روش NIV گزارش کردند. ارجمند و عباسی (۴) این روش را در خاک‌های ایالت جامو و کشـمیر پاکسـتان مورد ارزیـابی قرار دادنـد. در این پژوهش، تمامی مکان‌های مورد بررسـی دارای کمبود مس قـابـل جذب در خاک بودند. شـاخص NIV در ۹ مکان از ۱۰ مکان مورد بررسـی کمبود پتاسـیم را در خاک مورد تائید قرار داد، این در حالی اسـت که علایم کمبود پتاسیم در برگ درختان سیب مشاهده نشد. در نهایت، آنها به منظور رفع کمبود عناصر غذایی در هر دوی خـاک و گیاه، کوددهی به ویژه مصـرف کودهای آلی را جهت حفظ و پایداری حاصـلخیزی خاک، محافظت از خاک در برابر عوامل تخریبی به شدّت توصیه کردند. اشرف و همکاران (۵) در چهار ایالت پاکستان بیش از ۹۰ درصد خاک‌ها را دارای بافت سبک، هدایت الکتریکی کمتر از ۴ دسـی‌زیمنس بر متر (۹۹ درصـد)، کربن آلی کم (۹۵ درصـد) و فسـفر کم (۶۹ درصد) تشخیص دادند. آنها نیز مصرف متعادل کودهای شـیمیایی و آلی را برای تولید محصـول و اصـلاح حاصـلخیزی خاک و وضـعیت عناصـر غذایی در این مناطق توصـیه نمودند. سجاسوینی و همکاران (۴۶) با استفاده از روش NIV داده‌های زمینی را با تصـاویر ماهواره‌ای واسـنجی و محدودیت اراضی زراعی را در خاک‌های لاتریتی و بازالتی شـناسـایی کردند. با توجه به اینکه اطلاعات بسـیار کمی در خصوص وضعیت حاصلخیزی خاک و عناصر غذایی و سـایر ویژگی‌های مرتبط با حاصـلخیزی خاک از دیمزارهای ایران در دسترس می‌باشد، لذا هدف پژوهش حاضر انتخاب مناطقی از اراضـی دیم در شمال‌غرب کشور به صورت پایلوت و ارزیابی وضعیت حاصلخیزی و محدودیت‌های خاک با استفاده از روش NIV می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بخشـی از دیمزارهای شـمال‌غرب کشور در اقلیم سـرد و نیمه سـرد کشـور انجام گرفت. تعداد ۶۷۴ نمونه خاک از اسـتان‌های آذربایجان‌شرقی (۴۱۴ نمونه)، آذربایجان‌غربی (۹۷ نمونه)، کردستان (۹۰ نمونه) و کرمانشاه (۷۳ نمونه) در اواخر تابستان از عمق ۲۵-۰ سـانتی‌متری به روش مرکب تهیه شـد. پس از آماده‌سـازی نمونه‌ها، بافت خاک به روش هیدرومتری، کربنات کلسـیم معادل به روش خنثی‌سـازی با اسـید و تیتر کردن با سـود، کربن آلی به روش اکسایش تر (والکلی بلک)، نیتروژن کل به روش کجلدال، pH در گل اشـباع، هدایت الکتریکی در عصـاره اشـباع خاک، فسفر قابل جذب با عصـاره‌گیر اولسـن، پتاسـیم با عصاره‌گیر استات آمونیوم، عناصر آهن، منگنز، روی و مس قابل جذب با عصاره‌گیر DTPA تعیین شد (۳).

به منظور ارزیابی وضـعیت حاصـلخیزی و ویژگی‌های خاک، ابتدا ویژگی‌هـای اندازه‌گیری شـده به سـه کلاس کم، متوسـط و زیاد گروه‌بندی شـدند. داده‌های حاصـل از ۶۷۴ نمونه خاک برای تمامی ویژگی‌های مورد بررسی، با استفاده از دو روش مرسوم و گومز (۲۱) به

1- Nutrient Index Value (NIV)

سه کلاس کم، متوسط و زیاد کلاس‌بندی شدند:

الف) روش مرسوم: معیار و مبنای این کلاس‌بندی، استفاده از کلاس‌بندی‌های موجود در منابع معتبر علمی برای ویژگی‌های خاک به سه کلاس کم، متوسط و زیاد بود که برای ویژگی‌های عمومی خاک مانند EC ،pH، کربنات کلسیم، ماده‌آلی و نیتروژن کل که در مورد آنها پژوهش‌های گسترده‌ای بر روی خاک‌های دیم ایران وجود نداشت، از طریق کلاس‌بندی‌های معتبر موجود در منابع علمی که سازگار با دامنه این ویژگی‌ها در شرایط دیم بوند، استفاده گردید. برای عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس از کلاس‌بندی‌های مختص گندم دیم از طریق انجام آزمایش‌های واسنجی در این مناطق استفاده شد که به تمامی این منابع در ستون آخر جدول ۱ اشاره شده است.

ب) روش گومز (۲۱): این آماردان معروف برزیلی، روش آماری ساده و پرکاربردی را برای کلاس‌بندی داده‌های کمی با استفاده از میانگین و انحراف معیار ارائه نمود که در گرایش‌های مختلف علوم کشاورزی از آن به فراوانی استفاده می‌شود. در این پژوهش داده‌های حاصل از ۶۷۴ نمونه برای هر ویژگی خاک با استفاده از روابط زیر و به کمک میانگین ($\bar{X}$) و انحراف معیار (SD) آن ویژگی به سه کلاسه کم، متوسط (کفایت یا بهینه) و زیاد تفکیک شد (جدول ۱):

رابطه (۱)

کم	$X_i \leq \bar{X} - SD$
متوسط	$\bar{X} - SD < X_i < \bar{X} + SD$
زیاد	$X_i \geq \bar{X} + SD$

در این رابطه:

X_i: مقدار ویژگی خاک

$\bar{X}$: میانگین ویژگی خاک در جامعه مورد بررسی (جدول ۱) و

SD: انحراف معیار ویژگی خاک در جامعه مورد بررسی (جدول ۱) می‌باشد.

پس از کلاس‌بندی پارامترهای خاک، ارزش شاخص عناصر غذایی (NIV) برای ویژگی‌های خاک بر اساس روش پیشنهادی پارکر و همکاران (۳۴) بر پایه میانگین وزنی از طریق رابطه زیر محاسبه شد:

رابطه (۲)
$$NIV = \frac{(1 \times S_{Low} + 2 \times S_{Medium} + 3 \times S_{High})}{S_{Low} + S_{Medium} + S_{High}}$$

در این رابطه:

NIV: ارزش شاخص عناصر غذایی یا ویژگی مورد بررسی در خاک

S_{Low}: تعداد نمونه‌ها در کلاس کم

S_{Medium}: تعداد نمونه‌ها در کلاس متوسط یا بهینه (کفایت)و

S_{High}: تعداد نمونه‌ها در کلاس زیاد می‌باشد.

در این روش، مقادیر محاسبه شده NIV کمتر از ۱/۶۷ نشانگر وضعیت کمبود، بین ۱/۶۷ تا ۲/۳۳ وضعیت مطلوب (بهینه یا کفایت) و بیش از ۲/۳۳ زیاد بود (بیش‌بود) ویژگی مورد بررسی در خاک می‌باشد (۶).

نتایج و بحث

الف) تغییرات ویژگی‌های خاک در دیمزارهای شمال‌غرب کشور

نتایج ویژگی‌های آماری خاک در مناطق مورد بررسی نشان داد که از بین تمامی ویژگی‌ها تنها نیتروژن کل دارای توزیع نرمال می‌باشد. میانگین هدایت الکتریکی خاک ۰/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر با انحراف معیار ۰/۲۳ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد که بین ۰/۱۳ الی ۱/۷۳ دسی‌زیمنس بر متر (دامنه ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر) متغیر می‌باشد. در ۵۰ درصد نمونه‌ها، مقدار EC کمتر از ۰/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر و در ۷۵ درصد کمتر از ۰/۹۰ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. بنابراین بیش از ۷۵ درصد نمونه‌ها از لحاظ EC دارای کلاس کم و کمتر از ۲۵ درصد دارای کلاس متوسط و تمامی اراضی مورد بررسی در گروه خاک‌های غیرشور قرار می‌گیرند (جدول ۳). میانگین pH خاک در دیمزارها ۷/۶۹ (کمی قلیایی) با دامنه ۱/۲۵ (۶/۹۵ تا ۸/۲۰) و انحراف معیار ۰/۳۱ می‌باشد. مطابق این نتایج ۲۵ درصد دیمزارهای مورد بررسی دارای pH خنثی، ۲۵ درصد کمی قلیایی، ۵۰ درصد قلیایی متوسط یا زیاد می‌باشند. در بین تمامی ویژگی‌ها pH کمترین ضریب تغییرات را دارد و این امر می‌تواند دلیلی بر دقت بالای اندازه‌گیری آن در آزمایشگاه و یا ماهیت تغییرپذیری کم این ویژگی در دیمزارهای شمال‌غرب کشور باشد (جدول ۳). کربنات کلسیم معادل در خاک جزو ویژگی‌هایی است که بیشترین ضریب تغییرات را با ۸۵ درصد به خود اختصاص داد. دامنه تغییر این ویژگی از ۱ تا ۶۹ درصد با میانگین ۱۴/۴ درصد می‌باشد. در ۵۰ درصد از اراضی کربنات کلسیم کمتر از ۹/۳ درصد با کلاس معمولی و کمی آهکی و تقریبا در حدود ۵۰ درصد از اراضی آهکی و خیلی آهکی می‌باشند. بررسی دقیق چارک‌ها، درصد خاک‌های خیلی آهکی (بیش از ۳۰ درصد) را کمتر از ۲۵ درصد نشان می‌دهد (جدول ۳). بنابراین در اغلب اراضی مورد بررسی، مشکل زیادی کربنات کلسیم و اثرات منفی آن بر قابلیت جذب عناصر غذایی وجود دارد که در مصرف کودها به ویژه فسفر و مدیریت عناصر کم مصرف مانند آهن، روی و منگنز باید این موضوع مد نظر قرار بگیرد (۳۰). همچنین بالا بودن میزان کربنات کلسیم در این خاک‌ها می‌تواند دلیل اصلی قلیائیت در آنها باشد.

میانگین ماده آلی در اراضی دیم ۱/۰۵ درصد با دامنه ۲/۳۴ درصد (۰/۱۶ تا ۲/۵۰ درصد) می‌باشد که پراکنش نسبتا زیادی (۳۹ درصد) بین نمونه‌ها از لحاظ این صفت مشاهده می‌شود. مطابق این نتایج، در ۵۰ درصد اراضی میزان ماده آلی کمتر از یک درصد و در ۵۰ درصد بقیه بیش از ۱ درصد است.

جدول ۱- معیار کلاس‌بندی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک

Table 1- Classification criteria for measured soil properties

ویژگی خاک Soil parameter	میانگین ($\bar{X}$)	انحراف معیار (SD)	روش گومز Gomes method			روش مرسوم Common method			منبع (روش مرسوم) Reference (common method)
			Low کم ($\bar{X}-SD$)	Medium متوسط ($\bar{X}-SD$ to $\bar{X}+SD$)	High زیاد ($\bar{X}+SD$)	Low کم	Medium متوسط	High زیاد	
EC (dS/m) هدایت الکتریکی	0.76	0.23	< 0.53	0.53-0.99	0.99 <	< 1	1-2	2 <	(7)
pH اسیدیته	7.69	0.31	< 7.4	7.4-8.0	8.0 <	< 6.6	6.6-7.3	7.3 <	(23)
$CaCO_3$ (%) کربنات کلسیم	14.4	12.3	< 2	2-27	27 <	< 10	10-30	30 <	(47)
OM (%) ماده آلی	1.05	0.40	< 0.64	0.64-1.45	1.45 <	< 1.3	1.3-2	2 <	(27)
Total N (%) نیتروژن کل	0.11	0.04	< 0.07	0.07-0.15	0.15 <	< 0.08	0.08-0.16	0.16 <	(27)
P (mg/kg) فسفر	12.0	7.2	< 5	5-19	19 <	< 10	10-15	15 <	(14)
K (mg/kg) پتاسیم	481	150	< 330	330-630	630 <	< 150	150-250	250 <	(20)
Fe (mg/kg) آهن	5.8	2.8	< 3.0	3.0-8.5	8.5 <	< 7.5	7.5-9.5	9.5 <	(18)
Mn (mg/kg) منگنز	8.9	5.0	< 4	4-14	14 <	< 8	8-11	11 <	(18)
Zn (mg/kg) روی	0.46	0.26	< 0.20	0.20-0.70	0.70 <	< 0.45	0.45-0.65	0.65 <	(18)
Cu (mg/kg) مس	0.69	0.45	< 0.25	0.25-1.15	1.1.5 <	< 1.2	1.2-1.65	1.65 <	(18)
Clay (%) رس	34	12	< 22.7	22.7-46.0	46.0 <	-	-	-	
Sand (%) شن	28	11	< 16.6	16.6-39.2	39.2 <	-	-	-	
Silt (%) سیلت	38	10	< 28.0	28.0-47.0	47.0 <	-	-	-	

جدول ۲- ارزش مقادیر شاخص عناصر غذایی و تفسیر آن
Table 2- Nutrient index with range and remarks

کلاس شاخص عنصر غذایی Nutrient Index (NIV Class)	ارزش Value	تفسیر Interpretation	
I	< 1.67	Low nutrient	کمبود عنصر غذایی
II	1.67 – 2.33	Optimum nutrient	کفایت عنصر غذایی
III	2.33 <	High nutrient	بیش‌بود عنصر غذایی

در اراضی که مقدار ماده آلی آنها کمتر از یک درصد می‌باشد، ۲۵ درصد اراضی دارای ماده آلی کمتر از ۰/۸ درصد و در ۲۵ درصد بقیه بین ۰/۸ الی ۱/۰ درصد قرار دارد. بنابراین تنها در ۲۵ درصد از اراضی مورد بررسی میزان ماده آلی در کلاس متوسط تا زیاد و در ۷۵ درصد مقدار آن در کلاس کم می‌باشد (جدول ۳). میانگین نیتروژن کل با ۰/۱۱ درصد در کلاس متوسط با دامنه تغییرات ۰/۰۱ تا ۰/۲۰ درصد (دامنه ۰/۱۹ درصد) و ضریب تغییرات ۳۸ درصد می‌باشد. بر خلاف وضعیت ماده آلی که اغلب اراضی (۷۵ درصد) در کلاس کم قرار دارند، در میزان نیتروژن کل تنها ۲۵ درصد اراضی دارای نیتروژن کل کم (کمتر از ۰/۰۸ درصد) و ۷۵ درصد در کلاس متوسط تا زیاد می‌باشند. لازم به ذکر است که درصد اراضی که نیتروژن کل آنها در کلاس زیاد قرار دارند، احتمالا کمتر از ۲۵ درصد و بیش از ۵۰ درصد از اراضی در کلاس متوسط یا مطلوب می‌باشند (جدول ۳). شاید دلیل این امر مصرف کودهای نیتروژنی برای تولید غلات دیم در این اراضی است، زیرا نتایج پژوهش‌های انجام گرفته در اراضی دیم نشان می‌دهد که نیتروژن پس از آب دومین عامل محدودکننده رشد گیاهان و عنصر کلیدی در تولید غلات دیم بشمار می‌آید، به نحوی که بدون مصرف کودهای نیتروژنی امکان تولید اقتصادی غلات دیم در دیمزارهای مناطق سرد و نیمه سرد ایران به دلیل پائین بودن میزان ماده آلی خاک به عنوان منبع طبیعی نیتروژن مورد نیاز گیاه وجود ندارد (۱۲ و ۱۵).

میانگین فسفر قابل جذب در اراضی مورد بررسی در کلاس متوسط (مطلوب) برای تولید غلات دیم قرار دارد اما دامنه تغییرات این عنصر از ۲ (کلاس کم) تا ۳۹ (کلاس زیاد، در واقع خیلی زیاد) میلی‌گرم بر کیلوگرم متغیر است. بررسی نتایج نشان می‌دهد، ۲۵ درصد اراضی دارای فسفر کمتر از ۶/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم (کلاس کم)، ۵۰ درصد دارای فسفر مطلوب تا زیاد (بیش از ۱۱/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ۲۵ درصد دارای فسفر زیاد می‌باشند. بنابراین برای تولید غلات دیم احتمالا در کمتر از ۵۰ درصد دیمزارهای مورد بررسی به مصرف کودهای فسفری نیاز باشد، زیرا فیضی اصل و همکاران (۱۹) حد بحرانی این عنصر را برای تولید گندم دیم حدود ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند. ضریب تغییرات این عنصر سومین رتبه را بعد از کربنات کلسیم و مس قابل جذب دارد و شاید دلیل این امر مصرف نامتعادل و بدون توجه به حد بحرانی این عنصر در خاک توسط کشاورزان و تغییرات زیاد مقدار این عنصر از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر است (جدول ۳). میانگین پتاسیم قابل جذب در دیمزارهای شمال‌غرب کشور با ۴۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم در کلاس زیاد (در واقع خیلی زیاد) قرار دارد. دامنه تغییرات این عنصر در خاک از ۱۶۱ (کلاس متوسط یا بهینه) تا ۹۴۳ (کلاس خیلی زیاد) میلی‌گرم بر کیلوگرم (با دامنه ۷۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) تغییر می‌کند و در هیچکدام از نمونه‌های مورد بررسی، کمبود این عنصر غذایی مشاهده نمی‌شود. مطابق این نتایج، در بیش از ۷۵ درصد اراضی، مقدار پتاسیم قابل جذب در کلاس زیاد (۲۵۰ تا ۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و خیلی زیاد (بیش از ۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در بیش از ۵۰ درصد آن در کلاس خیلی زیاد قرار دارد (جدول ۳). به همین دلیل است که در اراضی دیم شمال‌غرب ایران امکان تعیین حد بحرانی این عنصر غذایی برای گیاهان مختلف وجود نداشته و مصرف کودهای پتاسیمی به ویژه مصرف خاکی آن (به استثنای برخی مناطق مانند خوزستان با مقدار پتاسیم قابل جذب کمتر از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حتی برای تولید دانه‌های روغنی در شرایط دیم با نیاز نسبتا بالا به این عنصر غذایی توصیه نمی‌شود (۱۱ و ۱۷).

در خصوص عناصر کاتیونی کم مصرف آهن، منگنز، روی و مس، میانگین آهن قابل جذب ۵/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم با دامنه تغییرات ۰/۸ تا ۱۱/۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و انحراف معیار ۲/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. بر این اساس، میانگین آهن قابل جذب در خاک برای تولید گندم دیم در کلاس کم (کمتر از ۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار دارد و بیش از ۵۰ درصد از نمونه‌های مورد بررسی در این کلاس قرار دارند. بررسی دقیق داده‌ها نشان می‌دهد که در ۶۲ درصد اراضی مورد بررسی میزان آهن قابل جذب کمتر از ۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در نتیجه احتمال کمبود آهن برای تولید گندم دیم وجود دارد. میزان منگنز قابل جذب در اراضی مورد بررسی از ۱/۴ تا ۳۱/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم (دامنه ۲۹/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با انحراف معیار ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم تغییر می‌کند. میانگین منگنز در این اراضی در کلاس مطلوب قرار دارد اما بیش از ۵۰ درصد از نمونه‌های مورد بررسی در کلاس کم (کمتر از ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار دارند و در بیش از ۲۵ درصد از اراضی مقدار منگنز قابل جذب در کلاس زیاد (بیش از ۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) برای تولید گندم دیم می‌باشد. میانگین مقدار روی قابل جذب در اراضی مورد بررسی ۰/۴۶ میلی‌گرم

بر کیلوگرم تقریبا در محدوده بین کمبود و مطلوب این عنصر غذایی برای گندم دیم قرار دارد. دامنه تغییرات این عنصر از ۰/۱۰ تا ۲/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پراکنش آن زیاد (۵۷ درصد) می‌باشد. در بیش از ۵۰ درصد این اراضی کمبود عنصر روی در خاک قطعی است. بنابراین اراضی که در آنها مقدار این عنصر در حد مطلوب و زیاد می‌باشد، کمتر از ۵۰ درصد هستند. مس قابل جذب در بین عناصر غذایی بیشترین ضریب تغییرات (۶۶ درصد) را دارد و این مقدار پراکنش زیاد داده‌ها را در مناطق مورد بررسی نشان می‌دهد. شاید دلیل آن تغییرات ذاتی زیاد این عنصر غذایی در اراضی دیم و یا نامناسب بودن روش DTPA برای استخراج آن است. با وجود این، میانگین مس قابل جذب در خاک ۰/۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم با دامنه تغییرات ۲/۵۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۰/۱۰ تا ۲/۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد. مطابق این نتایج بیش از ۷۵ درصد اراضی دارای کمبود مس (کمتر از ۱/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) برای تولید گندم دیم هستند (جدول ۳).

جدول ۳- ویژگی‌های آماری خصوصیات اندازه‌گیری شده خاک در کل مناطق مورد بررسی

Table 3- Statistical properties of studied soil in all districts

ویژگی Parameter	میانگین Mean	انحراف معیار SD	حداقل Min.	حداکثر Max.	چارک اول Q_1	چارک دوم Q_2	چارک سوم Q_3	ضریب تغییرات CV (%)	آزمون شاپیرو-ویلک SWT
هدایت الکتریکی EC (dS/m)	0.76	0.23	0.13	1.73	0.64	0.76	0.90	30	**
pH	7.69	0.31	6.95	8.20	7.48	7.79	7.95	4	**
کربنات کلسیم $CaCO_3$ (%)	14.4	12.3	1.0	69.0	4.9	9.3	23.0	85	**
OM (%) ماده آلی	1.05	0.40	0.16	2.50	0.80	1.03	1.29	39	**
نیتروژن کل Total N(%)	0.11	0.04	0.01	0.20	0.07	0.11	0.14	38	ns
P (mg/kg) فسفر	12.0	7.2	2.1	39.0	6.7	11.7	15.7	60	**
K (mg/kg) پتاسیم	481	150	161	943	358	471	598	31	**
Fe (mg/kg) آهن	5.8	2.8	0.8	11.0	3.2	5.3	8.5	49	**
Mn (mg/kg) منگنز	8.9	5.0	1.4	31.1	4.7	7.5	11.8	57	**
Zn (mg/kg) روی	0.46	0.26	0.10	2.02	0.28	0.40	0.60	57	**
Cu (mg/kg) مس	0.69	0.45	0.10	2.61	0.37	0.54	0.92	66	**
Clay (%) رس	34	12	11	80	20	27	35	34	**
Sand (%) شن	28	11	7	68	20	27	35	41	**
Silt (%) سیلت	38	10	10	82	31	37	43	25	**

SD: Standard deviation, Q1: 1st Quartile, Q2: Median and Q3: 3rd Quartile and SWT: Shapiro-Wilk test

بررسی درصد ذرات تشکیل دهنده بافت خاک نشان می‌دهد، دامنه تغییر سه ذره رس، شن و سیلت در اراضی دیم زیاد می‌باشد، به طوری که مقدار رس از ۱۱ تا ۸۰ درصد با میانگین ۳۴ درصد، شن از ۷ تا ۶۸ درصد با میانگین ۲۸ درصد و سیلت از ۱۰ تا ۸۲ درصد با میانگین ۳۸ درصد در این اراضی تغییر می‌کنند. میانگین بافت خاک در این اراضی با لحاظ میانگین داده‌ها برای سه ذره لوم رسی است اما داده‌ها نشان می‌دهد که تغییرات بافت خاک در این مناطق زیاد است (جدول ۳).

ب) کلاس‌بندی عمومی ویژگی‌های خاک در دیمزارهای شمال‌غرب کشور

کلاس‌بندی و تعیین ارزش شاخص NIV با استفاده از روش گومز (۲۱) نشان می‌دهد، حد بهینه برای هدایت الکتریکی در اراضی مورد بررسی ۰/۵۳ تا ۰/۹۹ دسی‌زیمنس بر متر و بر اساس روش مرسوم بین ۱ تا ۲ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. در روش اول بیشتر نمونه‌ها در کلاس مطلوب (۷۷ درصد) اما در روش دوم، اغلب نمونه‌ها در کلاس کم (۹۰ درصد) قرار دارند. شاخص NIV در روش اول با ارزش ۲/۰۲ وضعیت عمومی EC را در دیمزارها بهینه (کفایت) و روش دوم با ارزش ۱/۱۰ آنرا کم ارزیابی نمود. علاوه بر این، مرز بین کلاس کم – مطلوب و همچنین مطلوب-زیاد در روش دوم حدود ۲ برابر بیشتر از روش اول می‌باشد و این دلیل اصلی تشخیص متفاوت از وضعیت نهایی شوری را در دیمزارها با استفاده از این دو روش نشان می‌دهد. حد مطلوب اسیدیته خاک در روش اول بین ۷/۴ تا ۸/۰ و در روش دوم ۶/۶ تا ۷/۳ می‌باشد که بر اساس این کلاس‌بندی‌ها ۶۸ درصد نمونه‌ها در روش اول در کلاس مطلوب و ۸۳ درصد در روش دوم در کلاس زیاد قرار دارند. مطابق شاخص NIV محاسبه شده، وضعیت

دیمزارهـای شـــمال‌غرب ایران از لحاظ pH به‌طور میانگین در روش اول دارای وضعیت مطلوب و در روش دوم زیاد می‌باشد. همچنین مرز بین کلاس‌های کم – مطلوب و مطلوب – زیاد در روش اول به ترتیب ۱۲ و ۱۰ درصـد بیشـتر از روش دوم اسـت. از لحاظ کربنات کلسـیم معـادل در روش اول حـد مطلوب این ویژگی در خـاک ۲/۱ تـا ۲۶/۷ درصـد و در روش دوم ۱۰ تا ۳۰ درصد می‌باشد. شاخص NIV نشان می‌دهد که در روش اول حدود ۷۵ درصـد دیمزارهای مورد بررسی در وضـعیت مطلوب (بهینه) و در روش دوم ۴۲ درصـد در شرایط بهینه و ۵۷ درصد در شرایط زیاد قرار دارند. مرز بین کلاس‌های کم – مطلوب و مطلوب – زیاد در روش دوم به ترتیب ۳۷۶ و ۱۲ درصــد بیشــتر از روش اول می‌باشــد. به بیان دیگر، مرز بین کلاس مطلوب – زیاد در دو روش تـا حدودی نزدیک به هم اما در مرز بین کلاس کم – بهینه تفاوت زیاد است (جدول ۴).

مقادیر کلاس‌ها برای درصد ماده آلی در دیمزارهای مورد بررسی همانند پارامترهای پیشین در دو روش اول (دامنه بهینه ۰/۶۴ تا ۱/۴۵ درصد) و دوم (دامنه بهینه ۱/۳ تا ۲/۰ درصد) کاملا متفاوت می‌باشد و نتیجه حاصـل از شاخص NIV نیز پیش‌بینی‌های مختلفی را برای دو شـرایط دارد. به طوری که روش دوم ۷۷ درصـد اراضی را دارای ماده آلی بهینه (متوســط) و روش اول ۷۳ درصـــد آن را دارای کلاس کم ارزیابی نمود. این در حالی اســت که برای ویژگی نیتروژن کل در این اراضـی، هر دو روش دامنه کلاس‌بندی و پیش‌بینی مشـابهی (کلاس بهینه) را ارائه دادند. بر این اسـاس، ۶۳ درصـد اراضی در هر دو روش دارای نیتروژن کل بهینه هستند و میانگین دامنه بهینه این ویژگی در دیمزارهای مورد بررسی ۰/۰۷۵ تا ۰/۱۵۵ درصد می‌باشد. این در حالی است که در ویژگی ماده آلی مرز بین کلاس کم- مطلوب و مطلوب – زیاد در روش دوم به ترتیب حدود ۱۰۰ و ۳۸ درصد بیشتر از روش اول می‌باشد (جدول ۴).

اگرچه شـــاخص NIV در هر دو روش برای فســـفر قابل جذب وضعیت بهینه (متوسط) را در دیمزارها پیش‌بینی نمود اما در روش دوم ۶۸ درصـد از اراضی در کلاس مطلوب و در روش اول تنها ۲۹ درصد در این کلاس قرار دارنـد. علاوه بر این، مرز بین کلاس کم - بهینـه در روش دوم ۱۰۸ درصـد بیشـتر و دامنه بالای آن ۲۸ درصد کمتر از روش اول می‌باشـد. به بیان دیگر، مرز بین کلاس بهینه - زیاد برای این عنصر در هر دو روش تا حدودی نزدیک به هم اما مرز بین کلاس کم - بهینه تفاوت زیادی دارند. روش گومز (۲۱) میزان پتاســیم قابل جذب را در اراضــی بهینه (NIV=۲/۰) نشـان داد و دامنه مطلوب این عنصر بر اساس این روش ۳۳۱ تا ۶۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. این در حالی اسـت که در روش دوم وضـعیت این عنصـر در دیمزارها زیـاد (NVI=۲/۹۵) و دامنـه مطلوب آن ۱۵۰ تـا ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد که حد پائین آن ۱۲۱ درصد و حد بالا ۱۵۲ درصد در روش اول بیشتر از روش دوم می‌باشد (جدول ۴).

در ارزیابی وضـعیت عناصـر کم مصـرف در مناطق مورد بررسی، مقـدار شـــاخص NIV برای آهن در روش اول ۲/۰۸ و در روش دوم ۱/۴۷ می‌باشد. بر این اساس، روش اول وضعیت آهن قابل جذب را در دیمزارهای مورد بررسی بهینه (۵۹ درصد اراضی) و روش دوم کم (۶۲ درصــد اراضــی) تشـخیص می‌دهد. مرز بین کلاس کم – مطلوب و مطلوب – زیاد در روش اول به ترتیب ۱۵۰ و ۱۰ درصد کمتر از روش دوم می‌باشـد و این نشـان می‌دهد که هر دو روش در تشـخیص مرز بین مطلوب – زیاد این عنصـر در اراضی دیم تاحدودی برآورد نزدیک به هم دارند اما در تشـخیص مرز بین کلاس کم – مطلوب ارزیابی‌ها کاملا متفاوت می‌باشد (جدول ۴). هر دو روش وضعیت عمومی منگنز قابل جذب را در اراضی مورد بررسی در حد مطلوب ارزیابی نمودند. به طوری که در روش اول ۷۱ درصد و در روش دوم ۲۱ درصد اراضی در کلاس مطلوب قرار گرفتنـد. همـاننـد آهن در مرز بین کلاس کم - مطلوب بین دو روش تفـاوت زیـادی (۵۲ درصـــد) وجود دارد. این در حالی اســـت که این اختلاف در مرز بین کلاس مطلوب – زیاد کمتر (۲۶ درصد) است. با این تفاوت که در عنصر منگنز بر خلاف آهن مرز بین کلاس مطلوب – زیاد در روش اول بیشـتر از روش دوم می‌باشد. شـــاخص NIV با روش اول وضـــعیت روی و مس قابل جذب را در اراضـی مورد بررسـی مطلوب و در روش دوم کم شـناسـایی نمود. در خصوص عنصر روی در روش اول ۷۶ درصد اراضی در کلاس مطلوب و در روش دوم ۶۶ درصد در کلاس کم قرار دارند.

جدول ٤- کلاس‌بندی، درصد نمونه و ارزش شاخص عناصر غذایی برای ویژگی‌های مورد بررسی خاک با دو روش گومز (۲۱) و کلاس‌بندی برای گندم دیم

Table 4- Percent sample category of soil properties and NIV by two classification methods (Gomes (21) and classification for dryland wheat)

ویژگی Parameter	کلاس‌بندی گومز (روش ۱) Gomes classification (Method1)								کلاس‌بندی مرسوم (روش ۲) Common classification (Method2)							
	کلاس آزمون خاک Soil test class			درصد نمونه‌ها Percent samples			NIV	طبقه Category	کلاس آزمون خاک Soil test class			درصد نمونه‌ها Percent samples			NIV	طبقه Category
	Low	Medium	High	Low	Medium	High			Low	Medium	High	Low	Medium	High		
EC (dS/m) هدایت الکتریکی	0.53	0.53-0.99	0.99	10	77	13	2.02	Medium	1	1-2	2	90	10	0	1.10	Low
pH اسیدیته	7.4	7.4-8.0	8.0	21	68	11	1.90	Medium	6.6	6.6-7.3	7.3	0	17	83	2.83	High
$CaCO_3$ (%) کربنات کلسیم	2.1	2.1-26.7	26.7	9	74	17	2.08	Medium	10	10-30	30	1	42	57	2.56	High
OM (%) ماده آلی	0.64	0.64-1.45	1.45	13	73	14	2.00	Medium	1.3	1.3-2.0	2.0	77	22	1	1.24	Low
Total N (%) نیتروژن کل	0.07	0.07-0.15	0.15	26	63	11	1.84	Medium	0.08	0.08-0.16	0.16	32	63	5	1.73	Medium
P (mg/kg) فسفر	4.8	4.8-19.2	19.2	18	68	14	1.97	Medium	10	10-15	15	42	29	28	1.86	Medium
K (mg/kg) پتاسیم	331	331-630	630	18	64	18	2.00	Medium	150	150-250	250	0	5	95	2.95	High
Fe (mg/kg) آهن	3.0	3.0-8.6	8.6	16	59	24	2.08	Medium	7.5	7.5-9.5	9.5	62	30	9	1.47	Low
Mn (mg/kg) منگنز	3.8	3.8-13.9	13.9	11	71	18	2.08	Medium	8	8-11	11	53	21	26	1.73	Medium
Zn (mg/kg) روی	0.20	0.20-0.73	0.73	13	76	11	1.99	Medium	0.45	0.45-0.65	0.65	56	26	18	1.62	Low
Cu (mg/kg) مس	0.24	0.24-1.14	1.14	11	74	15	2.04	Medium	1.20	1.20-1.65	1.65	87	9	5	1.18	Low
Clay (%) رس	23	23-46	46	21	67	13	1.92	Medium								
Sand (%) شن	17	17-39	39	18	65	17	1.99	Medium								
Silt (%) سیلت	28	28-47	47	14	71	15	2.01	Medium								

در مس قابل جذب نیز ۷۴ درصد در روش اول در کلاس مطلوب و در روش دوم ۸۷ درصد در کلاس کم قرار گرفتند. در عنصر روی مرز بین کلاس کم – مطلوب در روش اول ۱۲۵ درصد کمتر و مرز بین کلاس مطلوب – زیاد در روش اول ۱۲ درصد بیشتر از روش دوم می‌باشد. در خصوص مس قابل جذب هر دو مرز در روش دوم بیشتر از روش اول می‌باشد که این افزایش برای مرز کم – مطلوب بسیار زیاد (۴۰۰ درصد) و مرز مطلوب – زیاد نسبتا کمتر (۴۵ درصد) است (جدول ۴).

با توجه به اینکه برای ویژگی‌هایی مانند ذرات تشکیل دهنده بافت خاک سابقه کلاس‌بندی رایجی در منابع وجود ندارد، لذا در پژوهش حاضر این ویژگی فقط از طریق روش گومز (۲۱) کلاس‌بندی می‌شوند. بر این اساس، میزان شاخص NIV برای ذرات رس، شن و سیلت به ترتیب ۱/۹۲، ۱/۹۹ و ۲/۰۱ محاسبه شد که هر سه ذره در کلاس مطلوب قرار دارند. به بیان دیگر، به ترتیب در ۶۷، ۶۵ و ۷۱ درصد اراضی مورد بررسی ذرات رس، شن و سیلت در کلاس بهینه و ۲۱، ۱۸ و ۱۴ درصد در کلاس کم و ۱۳، ۱۷ و ۱۵ درصد در کلاس زیاد قرار گرفتند. دامنه بهینه سه ذره رس، شن و سیلت در دیمزارهای شمال‌غرب ایران به ترتیب ۴۶-۲۳، ۳۹-۱۷ و ۴۷-۲۸ درصد تعیین شد. با استفاده از روش گومز (۲۱) دامنه مطلوب درصد رطوبت وزنی خاک در عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری قبل از کاشت در پائیز ۸ تا ۱۹ درصد بود و مقادیر خارج از این محدوده وضعیت مطلوبی را ندارد. در این گروه‌بندی ۴۷ درصد اراضی از لحاظ رطوبت در حد بهینه، ۳۷ درصد در ناحیه کم و ۱۶ درصد رطوبت بالا (بیش از ۱۹ درصد) قرار دارند (جدول ۴).

بررسی دقیق شاخص NIV در دو روش گومز (۲۱) و کلاس‌بندی مرسوم نشان می‌دهد که دامنه تغییرات این شاخص در روش اول از ۱/۸۴ (برای درصد نیتروژن کل) تا ۲/۰۸ (برای کربنات کلسیم، آهن و منگنز قابل جذب) و در روش دوم از ۱/۱۰ (برای هدایت الکتریکی) تا ۲/۹۵ (برای پتاسیم قابل جذب) تغییر می‌کند. بنابراین روش دوم با دامنه تغییرات بیشتری ویژگی‌های خاک را توصیف نمود. همچنین در روش اول تمامی مقادیر شاخص NIV برای ویژگی‌های مورد بررسی در کلاس بهینه (متوسط) قرار گرفتند، این در حالی است که در روش دوم ویژگی‌های خاک در وضعیت‌های مختلفی از کم تا زیاد قرار دارند. مسئله دیگر اینکه تعیین حد بحرانی عناصر غذایی فسفر، آهن، منگنز، روی و مس قابل جذب در شرایط دیم واسنجی مقادیر این عناصر با پاسخ گندم دیم در دیمزارهای مناطق مختلف شمال‌غرب ایران انجام گرفته (۱۸ و ۱۹) و نتایج حاصل از آن قابل اعتماد و استناد می‌باشد، بنابراین به نظر می‌رسد، اگرچه هر دو روش در ارزیابی وضعیت عمومی اراضی مورد بررسی از لحاظ نیتروژن و فسفر و منگنز قابل جذب پیش‌بینی مشابهی داشتند اما کلاس‌بندی خاک‌ها در روش دوم بر اساس حد بحرانی عناصر غذایی در مقایسه با روش اول (داده‌های هر گروه در داخل خود گروه کلاس‌بندی می‌شود) با واقعیات دیمزارهای منطقه سازگاری بیشتری دارد. البته تصمیم‌گیری نهایی در خصوص روش‌های بررسی وضعیت ویژگی‌های خاک باید بعد از تفکیک کلاس‌ها در مناطق مورد بررسی انجام گیرد. دلیل اینکه همه ویژگی‌ها خاک در ارزیابی دیمزارها به عنوان یک جامعه کلی در روش گومز (۲۱) در وضعیت بهینه قرار گرفتند، میل به مرکزیت داده‌ها (کلاس بهینه) در رابطه آن می‌باشد که در صورت مطالعه استان‌های مختلف به عنوان اعضای جامعه کل این نتیجه متفاوت خواهد شد.

ج) ارزیابی ویژگی‌های خاک در دیمزارهای شمال‌غرب کشور

ارزیابی وضعیت هدایت الکتریکی به عنوان شاخص شوری خاک در دیمزارهای استان‌های مورد بررسی نشان می‌دهد، با شاخص NIV_1 برآورد شده از طریق روش گومز (۲۱) به استثنای دیمزارهای استان کردستان که در مرز وضعیت کم – بهینه قرار دارند، دیمزارهای سایر استان‌ها در کلاس بهینه می‌باشند. با این روش، بیشترین فراوانی مزارع استان‌های آذربایجان‌غربی، شرقی، کردستان و کرمانشاه به ترتیب با ۷۸، ۷۷، ۶۵ و ۴۵ درصد در کلاس مطلوب قرار دارند. در حالی که شاخص NIV_2 برآورد شده از طریق روش مرسوم وضعیت شوری را در هر چهار استان کم شناسایی نمود و بیشترین فراوانی مزارع استان‌های آذربایجان‌غربی، شرقی، کردستان و کرمانشاه را به ترتیب با ۸۷، ۸۹، ۱۰۰ و ۷۳ درصد در کلاس کم (کمتر از ۱ دسی‌زیمنس بر متر) ارزیابی نمود. در واقع نتایج حاصل از دو روش تفاوت زیادی با یکدیگر ندارند، زیرا که در کلاس‌بندی اولیه شوری در روش اول مقادیر کمتر از ۰/۹۹ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان کلاس بهینه تا کم و در روش دوم مقادیر کمتر از یک دسی‌زیمنس بر متر به عنوان کلاس کم در نظر گرفته شده است و هر دو روش تاکید بر قرار گرفتن اغلب مزارع مورد بررسی در این محدوده را دارند. با این تفاوت که روش اول با حساسیت بیشتری (بدون توجه به اثرات شوری خاک بر رشد گیاه)، آن را تنها بر اساس تغییرات هدایت الکتریکی در دیمزارهای مورد بررسی ارزیابی می‌نماید، زیرا که دامنه وضعیت مطلوب در آن (۰/۴۶ دسی‌زیمنس بر متر) کمتر از نصف دامنه مطلوب برای روش دوم (۱ دسی‌زیمنس بر متر) می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد، بیشترین دامنه تغییرات EC در بین دیمزارها با ۱/۶ دسی‌زیمنس بر متر مربوط به استان آذربایجان‌شرقی و کمترین آن با ۰/۴۲ به دیمزارهای استان کردستان اختصاص دارد که می‌تواند دلیلی بر تشابه بیشتر EC در دیمزارهای این استان باشد (جدول ۵). بنابراین

شوری در اراضی دیم شمال‌غرب کشور هرگز مشکل مدیریتی مزراع نبوده و در تمامی دیمزارهای مورد بررسی در حد کم و یا بهینه می‌باشد و مزارعی با هدایت الکتریکی بیش از ۲ دسی‌زیمنس بر متر در دیمزارهای شمال‌غرب دیده نمی‌شود (جدول ۳). از سوی دیگر، با توجه به مصرف کم کودهای شیمیایی در مقایسه با زراعت آبی و یا عدم استفاده از آبیاری (آب‌های شور) در شرایط دیم انتظار افزایش شوری خاک با شرایط و مدیریت‌های کنونی حتی در بلندمدت نیز در این اراضی وجود ندارد. در خاک‌های شور ایران که ۱۴/۲ درصد از کل اراضی ایران را به خود اختصاص می‌دهد، گیاهان با کمبود آب مواجه هستند، لذا EC کم در دیمزارهای شمال‌غرب کشور که خود ذاتا با تنش خشکی مواجه هستند، می‌تواند نقطه قوتی در استفاده بهینه گیاهان از آب موجود در این خاک‌ها تلقی شود (۴۳).

وضعیت pH خاک در استان‌های مختلف بر اساس دو روش ارزیابی نشان می‌دهد، در روش اول، دیمزارهای دو استان آذربایجان‌شرقی و کردستان به ترتیب با فراوانی ۶۶ و ۷۰ درصد بهینه ارزیابی شدند اما دیمزارهای دو استان آذربایجان‌غربی و کرمانشاه با فراوانی ۵۷ و ۶۷ به ترتیب زیاد و کم برآورد شدند. در حالی که در روش دوم، دیمزارهای هر چهار استان آذربایجان‌غربی و شرقی، کردستان و کرمانشاه به ترتیب با فراوانی ۱۰۰، ۷۸، ۸۵ و ۶۷ درصد در وضعیت زیاد قرار گرفتند. همانند هدایت الکتریکی در خصوص pH نیز وضعیت ارزیابی تا حدودی مشابه می‌باشد، زیرا که در روش اول حد بهینه با مقادیر بیش از ۷/۴ و در روش دوم با مقادیر بیش از ۷/۳ در کلاس زیاد گروه‌بندی می‌شود که این نشان می‌دهد، ارزش عددی این مرز تقریبا مشابه اما ماهیت کلاس‌بندی کاملا متفاوت می‌باشد. دامنه کلاس مطلوب در روش اول ۰/۶ و در روش دوم ۰/۷ می‌باشد که از این لحاظ نیز وضعیت تا حدودی در دو روش مشابه است. بیشترین دامنه تغییرات pH همانند ویژگی EC با ۱/۲۵ دسی‌زیمنس بر متر به دیمزارهای استان آذربایجان‌شرقی و کمترین آن به میزان ۰/۵ به اراضی دیم استان کرمانشاه اختصاص دارد و این نشان می‌دهد، دیمزارهای استان کرمانشاه از لحاظ این ویژگی تا حدودی نزدیک به هم می‌باشند اما تغییرات در pH خاک در اراضی استان آذربایجان‌شرقی بیش از سایر استان‌ها است (جدول ۵). شهبازی و بشارتی (۳۸) با بررسی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های ایران گزارش کردند که ۹۷ درصد خاک‌های مورد بررسی دارای وضعیت قلیایی (pH>7) و در ۸۳ درصد آنها اسیدیته خاک بین ۸/۵–۷/۵ بود. در حالی که در پژوهش حاضر ۹۰ درصد اراضی دارای اسیدیته بین ۸–۷ می‌باشد. با توجه به اینکه در پژوهش شهبازی و بشارتی (۴۲) اغلب نمونه‌ها از اراضی فاریاب انتخاب شده‌اند لذا انتظار انطباق کامل نتایج آن با اراضی دیم بدون شور نمی‌تواند منطقی باشد.

روش اول وضعیت کربنات کلسیم معادل را در دیمزارهای سه استان آذربایجان‌غربی و شرقی و کردستان در حد مطلوب با فراوانی به ترتیب ۷۰، ۷۳ و ۱۰۰ درصد و در استان کرمانشاه زیاد ارزیابی نمود. روش دوم نیز این ویژگی را در آذربایجان‌غربی، کرمانشاه و کردستان در حد مطلوب (۱۰ تا ۳۰ درصد) اما در دیمزارهای آذربایجان‌شرقی کم برآورد نمود. بیشترین دامنه تغییرات کربنات کلسیم معادل در دیمزارها با ۶۸ درصد مربوط به اراضی استان آذربایجان‌شرقی و کمترین آن با حدود ۲۱ درصد به کرمانشاه اختصاص یافت. مقایسه دو روش نشان می‌دهد، بیشترین تفاوت فراوانی‌های ارزیابی شده بین دو روش در کلاس کم می‌باشد که در روش اول به طور میانگین ۶ درصد اراضی و در روش دوم ۲۶ درصد اراضی در این کلاس قرار دارند و این نیز مربوط به اختلاف ارزش مرز بین کلاس کم- بهینه در دو روش می‌باشد که در اولی ۲ درصد و دومی ۱۰ درصد می‌باشد (جدول ۵). نتایج بررسی شهبازی و بشارتی (۴۲) نشان می‌دهد، حدود ۲۶ درصد از خاک‌های زراعی ایران دارای آهک بیش از ۳۰ درصد می‌باشد، فراوانی این خاک‌ها در دیمزارهای مورد بررسی کمتر از ۱۴ درصد است. همچنین درصد خاک‌هایی که دارای آهک کمتر از ۱۰ درصد می‌باشد، در دیمزارها بیش از ۵۰ درصد (جدول ۳) و در اراضی زراعی ایران حدود ۲۵ درصد می‌باشد. معمولا آهک به مقدار ۵ تا ۱۵ درصد، قابلیت نفوذ و نگهداری رطوبت را بالا می‌برد و از طرفی وجود آهک در این محدوده در جذب مواد غذایی و جابه‌جایی یون‌های قابل جذب گیاهان موثر بوده و قدرت جذب مواد غذایی را افزایش می‌دهد (۳۳). بنابراین بر خلاف تصور که آهکی بودن خاک‌ها یکی از مشکلات اساسی مدیریت تغذیه گیاهان در اغلب خاک‌های ایران در اراضی فاریاب به ویژه باغات میوه شناخته می‌شود، برای کشت گیاهان زراعی در دیمزارها اولا به دلیل فراوانی کم اراضی دارای آهک بالا و ثانیا تحمل نسبتا مناسب گیاهان زراعی دیم مانند غلات و حبوبات به آهک به عنوان مشکل اساسی تغذیه گیاهان در این عرصه مطرح نمی‌باشد (۴۰).

میزان ماده آلی بر اساس روش اول در دیمزارهای دو استان آذربایجان‌غربی و شرقی در حد بهینه و دو استان کردستان و کرمانشاه زیاد ارزیابی شد. به طوری که در دو استان اول بیشترین فرارانی مزارع به ترتیب با ۸۵ و ۷۳ درصد بهینه و در دو استان کردستان و کرمانشاه به ترتیب با فراوانی ۸۳ و ۵۰ درصد در کلاس زیاد قرار گرفتند. بر خلاف روش اول، در روش دوم دو استان آذربایجان‌غربی و شرقی به ترتیب با فراوانی ۹۲ و ۶۹ درصد مزارع در کلاس کم و دو استان کردستان و کرمانشاه با فراوانی ۸۵ و ۷۵ درصد در گروه بهینه قرار گرفتند. این نشان می‌دهد، دو روش در ارزیابی وضعیت ماده آلی در دیمزارها از لحاظ کلاس‌بندی (سه کلاسه) کاملا متفاوت عمل کرده‌اند و این نیز به دلیل اختلاف مرز بین کلاس‌های کم – بهینه و بهینه – زیاد در دو روش می‌باشد. زیرا در روش اول مقادیر این مرزها به ترتیب ۰/۶۴ و ۱/۴۵ درصد و در روش دوم ۱/۳ و ۲ درصد بود که در هر دو مرز، مقدار روش دوم بیش از روش اول می‌باشد. بیشترین

دامنه تغییرات ماده آلی در دیمزارهای چهار استان مورد بررسی با ۲/۴۶ درصد به استان آذربایجان‌شرقی و کمترین آن با ۱/۱ درصد مشترکا به دیمزارهای استان‌های آذربایجان‌غربی و کردستان اختصاص یافت (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد، وضعیت ماده‌آلی در دیمزارهای استان‌های کردستان و کرمانشاه مطلوب اما احتمالا استان‌های آذربایجان‌غربی و شرقی در وضعیت نامطلوب (کم) قرار دارد که کشاورزان باید به منظور بهبود وضعیت ماده آلی در خاک و حفظ آن در شرایط مطلوب از طریق انتخاب سیستم‌های تناوبی مناسب و خاک‌ورزی حفاظتی تلاش نمایند (۱۰).

در خصوص میزان نیتروژن کل، هر دو روش ارزیابی مشابهی از مناطق مورد بررسی داشتند، به طوری که دیمزارهای سه استان آذربایجان‌غربی، کردستان و کرمانشاه دارای نیتروژن کل بهینه و در دیمزارهای استان آذربایجان‌شرقی میزان این ویژگی کم (مرز بین وضعیت کم و مطلوب) ارزیابی شد. در هر دو روش ۱۰۰ درصد اراضی استان‌های کردستان و کرمانشاه در کلاس بهینه و به طور میانگین ۸۷ درصد دیمزارهای استان آذربایجان‌غربی در وضعیت مطلوب قرار گرفتند. در حالی که در دیمزارهای استان آذربایجان‌شرقی به طور میانگین ۵۲ درصد مزارع در کلاس کم ارزیابی شدند. علت تشابه در برآورد وضعیت نیتروژن کل در استان‌های مختلف، تشابه بسیار نزدیک در مرز بین کلاس‌های کم – بهینه و بهینه – زیاد در دو روش ارزیابی است. بیشترین دامنه تغییرات نیتروژن کل در خاک با ۰/۸۸ درصد مربوط به استان کردستان و کمترین آن با ۰/۰۴ درصد به استان کرمانشاه اختصاص یافت. به بیان دیگر، از لحاظ نیتروژن کل تغییرات زیادی بین مزراع در استان کردستان و تشابه زیاد در استان کرمانشاه مشاهده می‌شود (جدول ۵). عدم کفایت ماده آلی در دیمزارهای شمال‌غرب کشور به عنوان منبع اصلی نیتروژن طبیعی خاک منجر به مصرف کودهای نیتروژنی به صورت نامتعادل برای تولید گندم دیم در این اراضی می‌شود، زیرا که مصرف کودهای نیتروژنی برای تولید غلات دیم نقش کلیدی دارد و این امر موجب ناهمگونی وضعیت مواد آلی (به ویژه مصرف سرک) و نیتروژن کل در دیمزارها می‌شود (۱۵). مسئله دیگر اینکه در سال‌های اخیر خاک‌ورزی حفاظتی و استفاده حداقل از سیستم‌های خاک‌ورزی پی بردن به اهمیت سیستم تناوبی غلات با لگوم‌ها در اراضی دیم در برخی مزارع به تدریج کاربردی می‌شود و این امر باعث اختلاف بین مزارع از لحاظ کربن آلی و همچنین نیتروژن کل گردیده است (۳۵).

استفاده از شاخص NIV با دو روش کلاس‌بندی مختلف برای فسفر قابل جذب نشان داد، در روش اول دیمزارهای هر چهار استان از لحاظ این عنصر غذایی در حد کفایت می‌باشند و بیشترین فراوانی در کلاس مطلوب با ۱۰۰ درصد به دیمزارهای استان کرمانشاه و کمترین آن در همین کلاس با ۷۴ درصد به استان آذربایجان‌غربی اختصاص یافت. مطابق این نتایج در آذربایجان‌غربی ۲۶ درصد دیمزارهای مورد بررسی و در آذربایجان‌شرقی تنها ۵ درصد اراضی دارای کمبود فسفر می‌باشند. با استفاده از روش دوم (حد بحرانی فسفر برای تولید گندم دیم) وضعیت دیمزارهای دو استان آذربایجان‌غربی و کرمانشاه به ترتیب با فراوانی اراضی ۸۱ و ۶۷ درصد از لحاظ فسفر قابل جذب در کلاس کم و در دو استان آذربایجان‌شرقی و کردستان در وضعیت کفایت هستند. بیشترین دامنه این عنصر با حدود ۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در اراضی استان آذربایجان‌شرقی و کمترین آن با ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم در دیمزارهای استان کرمانشاه می‌باشد. به بیان دیگر، وضعیت دیمزارهای استان کرمانشاه و سپس کردستان از لحاظ مقدار فسفر بسیار مشابه به یکدیگر و استان‌های آذربایجان‌شرقی و سپس آذربایجان‌غربی متفاوت از یکدیگر می‌باشند (جدول ۵). مطمئنا اختلاف اصلی بین دیمزارهای استان‌های مختلف از لحاظ فسفر قابل جذب علاوه بر ساختار ژنتیکی خاک می‌تواند به مصرف کودهای فسفری به ویژه فسفات آمونیوم بر اساس عادت دیرینه کشاورزان برای تولید غلات دیم باشد که این امر باعث شده است تا کشاورزان از مصرف پائیزی کودهای نیتروزنی که نقش بسیار موثری در تولید غلات دیم دارد، غافل شوند. زیرا کشاورزان اثرات مثبت نیتروزن همراه در فسفات آمونیوم را بر رشد رویشی غلات دیم به عنوان اثر فسفر تلقی نموده و کشاورزان دیمکار از پذیرش مصرف کودهای نیتروژنی در پائیز خودداری می‌نمایند (۱۳). شهبازی و بشارتی (۴۲) گزارش کردند، حدود ۷۲ درصد اراضی کشاورزی ایران دارای فسفر کمتر از ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد که این مقدار در بررسی دقیق داده‌ها تا حدودی مشابه با نتایج پژوهش حاضر برای دیمزارهای مورد بررسی است. همچنین آنها ۵۵ درصد اراضی فاریاب چهار استان مورد بررسی در پژوهش حاضر را دارای کمبود فسفر (کمتر از ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) ارزیابی نمودند که تقریبا مشابه با نتیجه پژوهش حاضر (۴۹ درصد) می‌باشند (جدول ۵).

شاخص NIV محاسبه شده برای دو روش مختلف وضعیت کاملا متفاوتی را برای پتاسیم قابل جذب نشان داد، در روش اول به استثنای دیمزارهای استان کردستان که از لحاظ این عنصر در وضعیت کمبود ارزیابی شدند (NIV_1=1.40)، در دیمزارهای سایر استان‌ها وضعیت پتاسیم قابل جذب برای گیاه در حد کفایت بود. مطابق این نتیجه، در مزارع دیم استان‌های آذربایجان‌غربی و شرقی و کردستان به ترتیب ۲۷، ۱۵ و ۶۰ درصد اراضی دارای کمبود پتاسیم (کمتر از ۳۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) شناسایی شدند. در حالی که با این روش در دیمزارهای استان کرمانشاه هیچ مزرعه‌ای دارای کمبود وجود نداشت. ذکر این نکته ضروری است که محصولات دیم با مصرف کودهای پتاسیمی در مقادیر بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، پاسخی معنی‌داری به کاربرد پتاسیم نشان نمی‌دهند (۱۷). بنابراین به نظر می‌رسد، قرار دادن اراضی با حد کمتر از ۳۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در گروه کمبود پتاسیم منطقی نباشد و این حد مناسب برای تفکیک

اراضی کمبود از کفایت نیست. از سوی دیگر، بالا بودن مقدار پتاسیم قابل جذب در دیمزارهای شمال‌غرب کشور باعث شد تا پژوهشگران این عرصه نتوانند حد بحرانی این عنصر غذایی را در این منطقه برای محصول استراتژیک گندم تعیین نمایند، زیرا در بین اراضی تیپیک دیم منطقه شمال‌غرب کشور، دیمزارهایی با مقادیر کمتر از ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کمتر می‌توان یافت (جدول ۳). با استفاده از روش دوم، دیمزارهای هر چهار استان دارای وضعیت زیاد پتاسیم قابل جذب در خاک ($NIV_2>2.33$) ارزیابی شدند. این نشان می‌دهد، اولا در هیچکدام از استان‌های مورد بررسی، مزرعه‌ای با کمبود پتاسیم قابل جذب برای تولید محصولات دیم وجود ندارد. ثانیا در استان‌های آذربایجان‌غربی و شرقی و کردستان به ترتیب تنها ۵، ۵ و ۳۰ درصد اراضی در وضعیت کفایت قرار دارند و در سایر اراضی میزان پتاسیم در وضعیت زیاد (بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد. با وجود این، بین خود اراضی در هر استان تفاوت‌های نسبتا زیادی از لحاظ پتاسیم قابل جذب مشاهده می‌شود. به طوری که بیشترین دامنه تغییرات با ۷۶۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و سپس با ۶۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب به استان‌های آذربایجان‌غربی و شرقی و کمترین آن با ۲۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشترکا به دو استان کردستان و کرمانشاه اختصاص دارد (جدول ۵). دلیل بالا بودن مقادیر پتاسیم قابل جذب و دامنه تغییر بالای آن در برخی اراضی، اولا به ساختار ژنتیکی خاک و نوع مواد مادری در تشکیل این خاک‌ها مربوط می‌شود. ثانیا مصرف کودهای نیتروژنی (به طور میانگین ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار معادل با ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار اوره) برای تولید اقتصادی غلات دیم در دیمزارهای شمال‌غرب کشور ضروری است (۱۶). به همین دلیل، در اراضی با تولید بالا که مصرف کودهای نیتروزنی بالاست، پتاسیم قابل جذب در طی زمان (بدون مصرف کودهای پتاسیمی) به شدت افزایش می‌یابد و این به دلیل جایگزینی آمونیوم حاصل از کودهای نیتروژنی (اغلب اوره) با پتاسیم بین لایه‌ای و آزادسازی آن به محلول خاک می‌باشد (۲۴). به منظور اثبات این فرضیه، تعداد ۱۰۰ نمونه خاک از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری از هرکدام از دیمزارهای اطراف اراضی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، اراضی ۵۰۰ هکتاری موسسه تحقیقات کشاورزی دیم که از سال ۱۳۷۱ با احداث دیواری از این اراضی جدا شده است و همچنین منطقه هشترود تهیه و میزان پتاسیم قال جذب در آنها با عصاره‌گیر استات آمونیوم در آزمایشگاه موسسه تحقیقات کشاورزی دیم اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد (شکل ۱الف)، مقدار پتاسیم قابل جذب در اراضی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم با دو سری خاک چهرق و رجل آباد (بدون مصرف کودهای پتاسیمی) به شدت افزایش یافته است. این در حالی است که مقادیر پتاسیم قابل جذب در اراضی اطراف موسسه تحقیقات کشاورزی دیم و منطقه نزدیک به آن (منطقه هشترود) تا حدودی مشابه بوده و نزدیک به وضعیت اعلام شده در زمان مطالعات خاکشناسی اجمالی منطقه برای این دو سری خاک (بین ۳۸۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) می‌باشد (۲۲ و ۴۱). با توجه به اینکه مهمترین یافته به‌زراعی در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم برای افزایش تولید غلات دیم در مقایسه با شرایط زارعین منطقه، مصرف بهینه کودهای نیتروژنی در پائیز است، لذا تفاوت معنی‌دار میزان پتاسیم قابل جذب بین اراضی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم با دو منطقه همجوار مراغه و هشترود می‌تواند به دلیل مصرف کودهای نیتروژنی و خروج پتاسیم توسط یون آمونیوم از سطوح بین لایه‌ای رس‌های انقباض و انبساط‌پذیر در این خاک‌ها باشد (شکل ۱ب). در مطالعات شهبازی و بشارتی (۴۲) حدود ۲۱ درصد از اراضی زراعی ایران دارای پتاسیم کمتر از ۱۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در حالی که در شرایط دیم تنها یک درصد اراضی پتاسیم کمتر از ۱۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (۱۶۰ تا ۱۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارند و هیچ مزرعه‌ای با پتاسیم کمتر از ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم یافت نشد (جدول ۳). از سوی دیگر، این پژوهشگران فراوانی اراضی دارای بیش از ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در چهار استان مورد بررسی در پژوهش حاضر را حدود ۷۰ درصد اما در پژوهش حاضر این فراوانی ۹۰ درصد برآورد شد که این نیز تفاوت میزان پتاسیم در اراضی دیم و فاریاب را نشان می‌دهد (جدول ۵).

ارزیابی وضعیت عناصر کم مصرف در دیمزارهای شمال‌غرب کشور با استفاده از شاخص NIV نشان داد، بر اساس کلاس‌بندی روش اول، وضعیت آهن قابل جذب در دیمزارهای استان‌های آذربایجان‌شرقی و کرمانشاه زیاد، کردستان بهینه و آذربایجان‌غربی کم می‌باشد. در حالی که در روش مرسوم بر اساس حد بحرانی این عنصر برای رشد گندم دیم، علاوه بر استان آذربایجان‌غربی دیمزارهای استان کردستان نیز دارای کمبود آهن می‌باشند اما در دو استان آذربایجان‌شرقی و کرمانشاه وضعیت این عنصر بهینه است. در کلاس‌بندی روش اول، ۴۵ درصد و در روش دوم ۱۰۰ درصد دیمزارهای مورد بررسی استان آذربایجان‌غربی وضعیت کمبود و در استان کردستان در روش اول تنها ۸ درصد و روش دوم ۶۹ درصد از اراضی دارای کمبود آهن شناسایی شدند. این تفاوت‌ها نیز به دلیل ارزش مرز کلاس‌های کم – مطلوب و مطلوب – زیاد در رو روش می‌باشد، زیرا در روش دوم مرز پائین ۲/۵ برابر روش اول می‌باشد اما این اختلاف در مرز بالا بسیار کمتر است. بیشترین دامنه تغییرات آهن قابل جذب با ۱۲/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دیمزارهای استان کردستان و کمترین آن با ۳/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به استان کرمانشاه است (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهد، برای تولید گندم و سایر محصولات دیم، علاوه بر مصرف کودهای نیتروژنی و فسفری باید مصرف کودهای حاوی آهن با استفاده از روش‌های کارآمد به ویژه برای ارتقاء کیفیت محصولات دیم در اولویت قرار گیرد. بر اساس نتایج شهبازی و بشارتی (۴۲) حدود ۶۵ درصد اراضی زراعی ایران دارای آهن قابل جذب کمتر از ۷/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد که

در پژوهش حاضـــر برای اراضـــی دیم این مقدار به طور میانگین ۵۵ درصد برآورد شد.

وضـعیت منگنز در دیمزارها با استفاده از روش اول در حد کفایت برای هر چهـار اســـتـان ارزیـابی شـــد. به نحوی که در دیمزارهای اسـتان‌های آذربایجان‌غربی و شـرقی، کردستان و کرمانشاه به ترتیب ۸۴، ۶۴، ۶۰ و ۱۰۰ درصـد اراضی دارای منگنز کافی برای تولید گندم دیم می‌باشند. با این روش بیشترین کمبود منگنز با ۱۶ درصد و سپس ۱۲ درصـــد بـه ترتیب به دیمزارهای اســـتان‌های آذربایجان‌غربی و کردســـتان اختصـــاص دارد. در حالی که با روش دوم که بر اســـاس کلاس‌بندی این عنصـر جهت رشـد بهینه گندم دیم استوار است، تنها اراضـی دیم اسـتان آذربایجان‌غربی با فراوانی ۸۹ درصد دارای کمبود منگنز و دیمزارهای سـه استان آذربایجان‌شرقی، کردستان و کرمانشاه دارای وضـــعیـت بهینـه ارزیـابی شـــدند. در این روش نیز علاوه بر دیمزارهای استان آذربایجان‌غربی که دارای کمبود منگنز می‌باشند در اسـتان‌های آذربایجان‌شـرقی و کردسـتان به ترتیب ۲۰ و ۳۶ درصـد اراضـی دچار کمبود منگنز قابل جذب برای رشـد بهینه گندم می‌باشد. بیشـــترین دامنـه تغییرات منگنز با حدود ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به اســـتان کردســـتان و کمترین آن با حدود ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به کرمانشـاه اختصـاص دارد (جدول ۵). این نتایج نشـان می‌دهد مشکل کمبود منگنز قـابـل جـذب در دیمزارها در حد آهن نبوده اما در بحث کیفیت محصـول تولیدی باید به مصرف این عنصر غذایی به ویژه در دیمزارهای دارای کمبود توجه شود. در بررسی شهبازی و بشارتی (۴۲) حدود ۵۰ درصـد اراضی زراعی ایران دارای منگنز قابل جذب کمتر از ۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود کـه این مقـدار تقریبـا مشـــابه با میانگین استان‌های دارای کمبود منگنز در پژوهش حاضر می‌باشد.

شـاخص NIV برای روش اول، وضـعیت عنصـر روی را در سـه اسـتان آذربایجان‌غربی و شـرقی و کردستان به ترتیب با فراوانی ۸۳، ۷۷ و ۷۴ درصـد در وضـعیت بهینه (کفایت) و در اسـتان کرمانشـاه با فراوانی ۶۰ درصـــد زیـاد ارزیابی نمود. مطابق این روش، تنها در ۲۰ درصـد اراضـی دیم اسـتان آذربایجان‌شـرقی کمبود عنصر روی وجود دارد. بـا اســـتفاده از روش دوم، همانند روش پیشـــین در دیمزارهای استان‌های آذربایجان‌غربی و کردستان وضعیت اراضی در حد کفایت و کرمـانشـــاه زیـاد برآورد شـــد. تنهـا تفـاوت این دو روش مربوط به دیمزارهای اسـتان آذربایجان‌شـرقی است که در روش دوم با فراوانی ۸۴ درصـــد دارای کمبود ارزیـابی شـــد. در حالی که در روش اول با فراوانی ۷۷ درصـد در حد کفایت و ۲۰ درصـد کمبود برآورد شـد. در روش دوم در اسـتان‌های آذربایجان‌غربی و کردسـتان نیز به ترتیب با فراوانی ۳۰ و ۲۲ درصـد کمبود عنصـر روی مشـاهده شد. با توجه به تعیین حد بحرانی عناصـــر کم مصـــرف آهن، منگنز، روی و مس در دیمزارهـای شـــمال‌غرب کشـــور برای تولید گندم دیم (۱۸)، به نظر می‌رسـد، اولویت برای تعیین شاخص NIV برای عناصر کم‌مصرف و همچنین فسفر قابل جذب (۱۹) با روش دوم می‌باشد. بنابر این جبران کمبود عنصـــر روی در تعدادی از مزارع اســـتان‌های آذربایجان‌غربی و شـــرقی و کردســـتان برای تولید بهینه، به ویژه بهبود وضـــعیت کیفی محصـــولات زراعی دیم ضـــروری به نظر می‌رسـد. بیشـــترین دامنه تغییرات عنصـــر روی در دیمزارهـای مورد بررســـی با ۱/۹۶ و ۱/۷۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بـه ترتیـب به اســـتان‌های آذربایجان‌شـــرقی و کردســـتان و کمترین آن با ۰/۸۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به کرمانشـــاه اختصـاص یافت و این نشان می‌دهد، از لحاظ عنصر روی دیمزارهای اسـتان کرمانشـاه همگن‌تر از دیمزارهای دو استان آذربایجان‌شرقی و کردسـتان می‌باشـد (جدول ۵). مطابق نتایج شـهبازی و بشارتی (۴۲) حدود ۳۵ درصـد اراضـی زراعی ایران دارای عنصـر روی قابل جذب کمتر از ۰/۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌بـاشـــد کـه میـانگین آن در دیمزارهای چهار اسـتان مورد بررسـی در پژوهش حاضـر ۳۴ درصـد می‌باشـد. شـاید این تشـابه به دلیل عدم مصـرف کودهای عناصر کم مصـرف از جمله روی در زراعت دیم و فاریاب می‌باشد. فیضی اصل و ولیزاده (۱۴) گزارش کردند، مصـرف خاکی مقادیر مختلف روی (صفر تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار) به مدت سـه سـال زراعی نتوانسـت عملکرد دانـه گنـدم دیم را آذربایجان‌شـــرقی به طور معنی‌داری افزایش دهد. احمدی و همکاران (۲) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشـــی تیمارهای جداگانه سـولفات روی و سـولفات منگنز در مراحل مختلف رشد گندم دیم در منطقه مراغه نتوانست عملکرد دانه را افزایش دهد، زیرا کمبود این عناصـر در دیمزارهای شمال‌غرب کشور در حدی نیست که بتواند کمیت محصول را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دهد. در حالی که در اراضـــی فاریاب ایران به دلیل آهک بالا در خاک و کمبود بیشـــتر عناصر کم‌مصرف در خاک محلول‌پاشی منگنز (۳۱) و روی (۲۹) باعث افزایش عملکرد دانه، اجزای عملکرد و کیفیت دانه گندم شده است.

با اسـتفاده از شـاخص NIV در روش اول وضعیت عنصر مس در اســـتان‌های آذربایجان‌غربی و شـــرقی به ترتیب با فراوانی ۸۴ و ۷۹ درصـد در حد بهینه و در دو استان کردستان و کرمانشاه با فراوانی ۷۳ و ۱۰۰ درصد زیاد تعیین شد. با این روش در دو استان آذربایجان‌غربی و شـرقی به ترتیب در ۱۶ و ۶ درصد از اراضی کمبود مس وجود دارد. در روش دوم، در دو اســـتـان آذربایجان‌غربی و شـــرقی به ترتیب با فراوانی ۱۰۰ و ۸۷ درصـد مزارع دچار کمبود مس و در دو استان دیگر وضـعیت این عنصـر در حد کفایت می‌باشـد. با وجود این، در اسـتان کردسـتان ۲۷ درصـد دیمزارها دارای کمبود مس می‌باشـد. بنابراین احتمال کمبود عنصر مس در اغلب مزارع استان‌های آذربایجان‌غربی و شرقی و در حدود $\frac{1}{4}$ دیمزارهای استان کردستان پیش‌بینی می‌شود.

جدول ۵- کلاس‌بندی، درصد نمونه‌ها و NIV برای ویژگی‌های خاک در مکان‌های مختلف با دو روش کلاس‌بندی گومز (۲۱) و مرسوم

Table 5- Percent samples, category and NIV for soil properties by two classification methods (Gomes (21) and common) in different locations

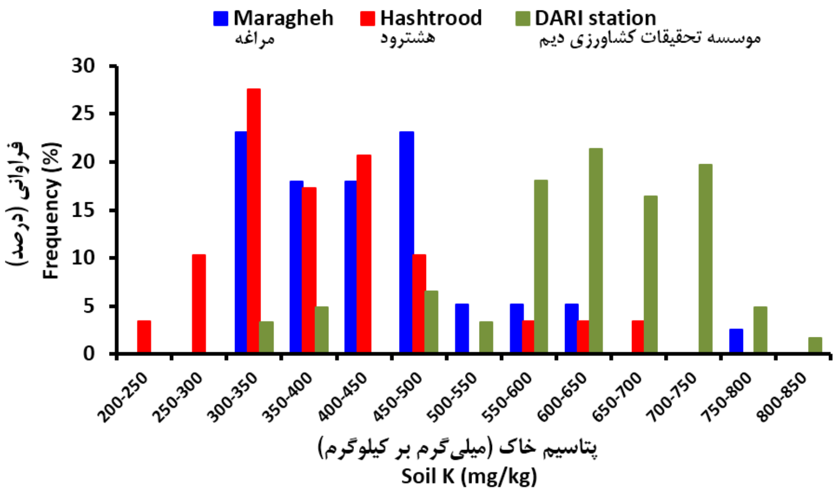
مکان Location		Method1 روش اول				Method2 روش دوم			$\bar{X} \pm SD$	Range
	Percent samples درصد نمونه‌ها			NIV_1	Percent samples درصد نمونه‌ها			NIV_2		
	Low کم	Optimum بهینه	High زیاد		Low کم	Optimum بهینه	High زیاد			
	EC <0.53 dS/m	EC 0.53-0.99 dS/m	EC >0.99 dS/m		EC <1 dS/m	EC 1-2 dS/m	EC >2 dS/m			
West Azarbayjan آذربایجانغربی	11	78	11	2.00	87	11	0	1.11	0.74±0.172	0.90
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	9	77	14	2.04	89	13	0	1.13	0.77±0.238	1.60
Kurdistan کردستان	35	65	0	1.65	100	0	0	1.00	0.54±0.100	0.42
Kermanshah کرمانشاه	27	45	27	2.00	73	27	0	1.27	0.84±0.277	0.80
	pH <7.4	pH 7.4-8.0	pH >8.0	NIV_1	pH <6.6	pH 6.6-7.3	pH >7.3	NIV_2	$\bar{X} \pm SD$	Range
West Azarbayjan آذربایجانغربی	0	43	57	2.57	0	0	100	3.00	7.93±0.156	0.70
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	27	66	7	1.80	0	22	78	2.78	7.62±0.305	1.25
Kurdistan کردستان	30	70	0	1.70	0	15	85	2.85	7.58±0.338	1.00
Kermanshah کرمانشاه	67	33	0	1.33	0	33	67	2.67	7.33±0.171	0.50
	$CaCO_3$ <2 %	$CaCO_3$ 2-27 %	$CaCO_3$>27 %	NIV_1	$CaCO_3$ <10 %	$CaCO_3$ 10-30 %	$CaCO_3$>30 %	NIV_2	$\bar{X} \pm SD$	Range
West Azarbayjan آذربایجانغربی	0	70	30	2.30	18	59	23	2.05	20.4±10.01	38.0
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	12	73	15	2.02	62	27	11	1.49	12.9±12.35	68.0
Kurdistan کردستان	0	100	0	2.00	25	75	0	1.75	14.2±5.87	21.1
Kermanshah کرمانشاه	0	60	40	2.40	0	80	20	2.20	23.4±7.06	20.5
	OM <0.64 %	OM 0.64-1.45 %	OM >1.45 %	NIV_1	OM <1.3 %	OM 1.3-2.0 %	OM >2.0 %	NIV_2	$\bar{X} \pm SD$	Range
West Azarbayjan آذربایجانغربی	14	85	1	1.87	92	8	0	1.08	0.92±0.23	1.10
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	8	73	18	2.10	69	29	2	1.33	1.20±0.40	2.46
Kurdistan کردستان	0	50	50	2.50	10	85	5	1.95	1.54±0.29	1.10
Kermanshah کرمانشاه	8	8	83	2.75	17	75	8	1.92	1.52±0.50	2.16
	Total N <0.07 %	Total N 0.07-0.15 %	Total N >0.15 %	NIV_1	Total N <0.08 %	Total N 0.08-0.16 %	Total N >0.16 %	NIV_2	$\bar{X} \pm SD$	Range
West Azarbayjan آذربایجانغربی	0	79	21	2.21	0	95	5	2.05	0.13±0.02	0.12
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	42	51	7	1.65	62	32	6	1.44	0.08±0.04	0.18
Kurdistan کردستان	0	100	0	2.00	0	100	0	2.00	0.30±0.35	0.88
Kermanshah کرمانشاه	0	100	0	2.00	0	100	0	2.00	0.10±0.01	0.04
	P <5 mg/kg	P 5-19 mg/kg	P>19 mg/kg	NIV_1	P <10 mg/kg	P 10-15 mg/kg	P>15 mg/kg	NIV_2	$\bar{X} \pm SD$	Range
West Azarbayjan آذربایجانغربی	26	74	0	1.74	81	19	0	1.19	12.8±4.0	19.0
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	5	77	17	2.12	32	33	35	2.03	13.7±6.6	36.9
Kurdistan کردستان	0	95	5	2.05	15	40	45	2.30	14.4±3.1	11.5
Kermanshah کرمانشاه	0	100	0	2.00	67	33	0	1.33	9.1±1.6	5.0

جدول ۵ (ادامه)- کلاس‌بندی، درصد نمونه‌ها و NIV برای ویژگی‌های خاک در مکان‌های مختلف با دو روش کلاس‌بندی گومز (۲۱) و مرسوم

Table 5 (Continued)- Percent samples, category and NIV for soil properties by two classification methods (Gomes (21) and common) in different locations

مکان Location	روش اول Method1				روش دوم Method2					
	درصد نمونه‌ها Percent samples			NIV1	درصد نمونه‌ها Percent samples			NIV2	$\bar{X} \pm SD$	Range
	Low کم	Optimum بهینه	High زیاد		Low کم	Optimum بهینه	High زیاد			
	K <330 mg/kg	K 330-630 mg/kg	K>630 mg/kg		K <150 mg/kg	K 150-250 mg/kg	K>250 mg/kg			
West Azarbayjan آذربایجانغربی	27	59	14	1.87	0	5	95	2.95	438±159	769
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	15	65	20	2.04	0	5	95	2.95	491±146	668
Kurdistan کردستان	60	40	0	1.40	0	30	70	2.70	2921±81	240
Kermanshah کرمانشاه	0	92	8	2.08	0	0	100	3.00	513±81	240
	Fe <3.0 mg/kg	Fe 3.0-8.5 mg/kg	Fe >8.5 mg/kg		Fe <7.5 mg/kg	Fe 7.5-9.5 mg/kg	Fe >9.5 mg/kg	NIV_2	$\bar{X} \pm SD$	Range
West Azarbayjan آذربایجانغربی	45	55	0	1.55	100	0	0	1.00	3.2±1.0	5.0
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	0	50	50	2.50	23	56	20	1.97	8.2±1.6	7.1
Kurdistan کردستان	8	81	12	2.04	69	23	8	1.38	5.9±2.7	12.1
Kermanshah کرمانشاه	0	60	40	2.40	20	80	0	1.80	8.0±1.6	3.9
	Mn <4 mg/kg	Mn 4-14 mg/kg	Mn >14 mg/kg	NIV_1	Mn <8 mg/kg	Mn 8-11 mg/kg	Mn >11 mg/kg	NIV_2	$\bar{X} \pm SD$	Range
West Azarbayjan آذربایجانغربی	16	84	0	1.84	89	11	0	1.11	5.5±1.7	8.0
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	3	64	33	2.31	20	31	48	2.28	11.7±5.1	24.5
Kurdistan کردستان	12	60	28	2.16	36	20	44	2.08	11.2±6.9	29.7
Kermanshah کرمانشاه	0	100	0	2.00	0	80	20	2.20	9.5±1.4	3.2
	Zn <0.2 mg/kg	Zn 0.2-0.70 mg/kg	Zn >0.70 mg/kg	NIV_1	Zn <0.45 mg/kg	Zn 0.45-0.65 mg/kg	Zn >0.65 mg/kg	NIV_2	$\bar{X} \pm SD$	Range
West Azarbayjan آذربایجانغربی	0	83	17	2.17	30	44	27	1.97	0.56±0.18	0.97
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	20	77	3	1.82	84	9	6	1.22	0.32±0.24	1.96
Kurdistan کردستان	0	74	26	2.26	22	33	44	2.22	0.71±0.44	1.74
Kermanshah کرمانشاه	0	40	60	2.60	0	40	60	2.60	0.89±0.36	0.82
	Cu <0.25 mg/kg	Cu 0.25-1.15 mg/kg	Cu >1.15 mg/kg	NIV_1	Cu <1.20 mg/kg	Cu 1.20-1.65 mg/kg	Cu >1.65 mg/kg	NIV_2	$\bar{X} \pm SD$	Range
West Azarbayjan آذربایجانغربی	16	84	0	1.84	100	0	0	1.00	0.49±0.27	1.07
East Azarbayjan آذربایجانشرقی	6	79	15	2.08	87	11	2	1.15	0.71±0.40	2.27
Kurdistan کردستان	0	27	73	2.73	27	38	35	2.08	1.48±0.52	2.05
Kermanshah کرمانشاه	0	0	100	3.00	0	80	20	2.20	1.54±0.19	0.50

(الف)



(ب)

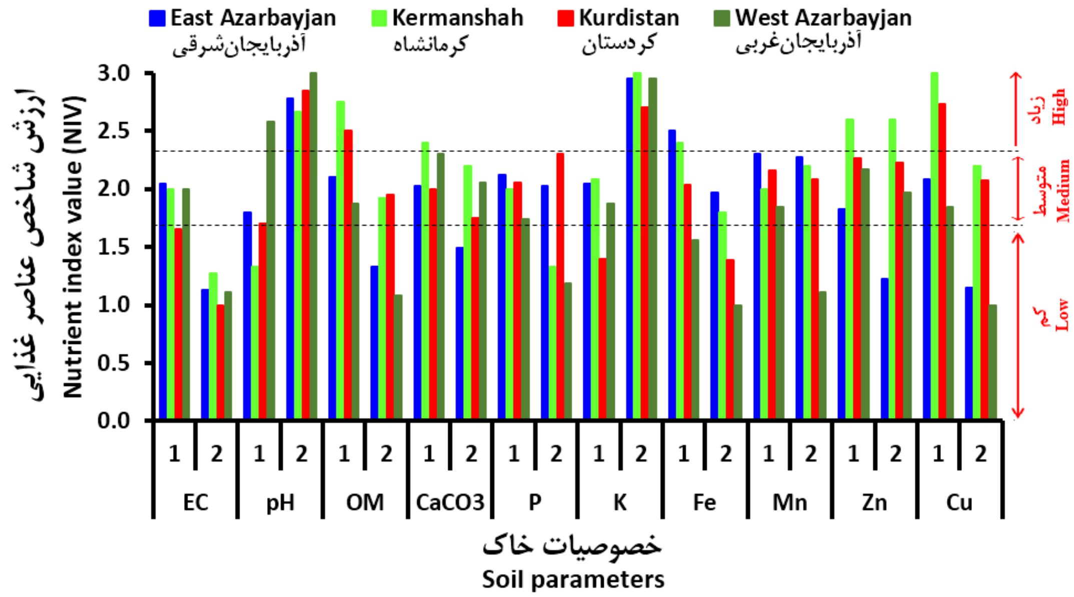


شکل ۱- مقایسه وضعیت میزان پتاسیم قابل جذب در اراضی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم با دیمزارهای اطرف آن در منطقه مراغه و هشترود (الف) و خاک‌های انقباض و انبساط‌پذیر در دیمزارهای این مناطق (ب)

Figure 1- Comparison of available potassium content in Maragheh, Hashtrood and DARI station (a) and swelling soils in this dryland areas (b)

بیشـترین دامنه تغییرات این عنصـر با ۲/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دیمزارهای کردسـتان و کمترین آن با ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به کرمانشـاه اختصـاص یافت (جدول ۵). نتایج تحقیقات شـهبازی و بشـارتی (۴۲) نشان می‌دهد حدود ۴۲ درصد ارای زراعی ایران دارای مس قـابل جذب کمتر از ۱/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشـد که این مقدار برای دیمزارهای مورد بررسی در پژوهش حاضر به طور میانگین ۵۴ درصد می‌باشد که این نیز تشابه نسبی فراوانی مزارع دارای کمبود این عنصر را در شرایط دیم و فاریاب نشان می‌دهد. اگرچه فقر گسترده عناصـر کم مصـرف در بسیاری از کشورهای آسیایی از جمله ایران به علـت طبیعت آهکی خاک، pH بالا، کمبود مواد آلی، تنش شـوری، خشـکی طولانی مدت، بیکربنات بالا در آب آبیاری و کاربرد نامتوازن کودهای NPK وجود دارد و از سوی دیگر، خاک‌های ایران در کمربند کمبود روی در جهان واقع شـده است (۴۵) اما تجربه نشان داده است که در شـرایط دیم شـمال‌غرب کشـور افزایش کمی محصـولات دیم همانند فاریاب با مصـرف عناصـر کم‌مصـرف به صـورت خاکی و یا محلول‌پاشی مورد انتظار نیست.

مقایسـه شـاخص NIV به دسـت آمده برای ویژگی‌های مختلف خاک در مناطق مورد بررسـی نشـان می‌دهد، شاخص NIV_1 با روش کلاس‌بندی گومز (۲۱) به طور میانگین ویژگی‌های هدایت الکتریکی، ماده آلی، آهن، مس و تا حدودی فسـفر و کربنات کلسـیم معادل را بیش از روش دوم (مرسوم) و روش دوم (NIV_2)، اسیدیته گل اشباع و پتـاسـیم قـابل جذب را بیش از روش اول ارزیابی نمود (شـکل ۲). همـانطوری که بیان شـد، این تفاوت در ارزیابی، به دلیل اختلاف در ارزش کلاس‌بنـدی و مقادیر مرز بین کلاس‌های مختلف ویژگی‌های خاک می‌باشد که روش دوم به استثنای دو پارامتر pH و پتاسیم، سایر ویژگی‌های خاک را در دامنه بین کلاس کم - بهینه (کفایت) کمتر از روش دوم و ویژگی‌های pH، فسفر، پتاسیم، منگنز و روی قابل جذب را در مرز بالای کفایت (بین کلاس بهینه – زیاد) بیشـتر از روش اول محاسـبه نمود (جدول ۴) که این امر موجب تفاوت در ارزیابی‌های دو روش در تشخیص کمبود گردید. شاید با افزایش تعداد نمونه‌های مورد بررسـی این اختلاف کـاهش یـابـد و مرز بین کلاس‌هـا بر یکدیگر نزدیک‌تر شـود. نتایج هر دو ارزش شـاخص عناصر غذایی (NIV) به خوبی آشـکار نمود که در مدیریت مصـرف کودها علاوه بر عناصـر نیتروژن و فسفر باید به مدیریت عناصر کم مصرف نیز توجه شود.



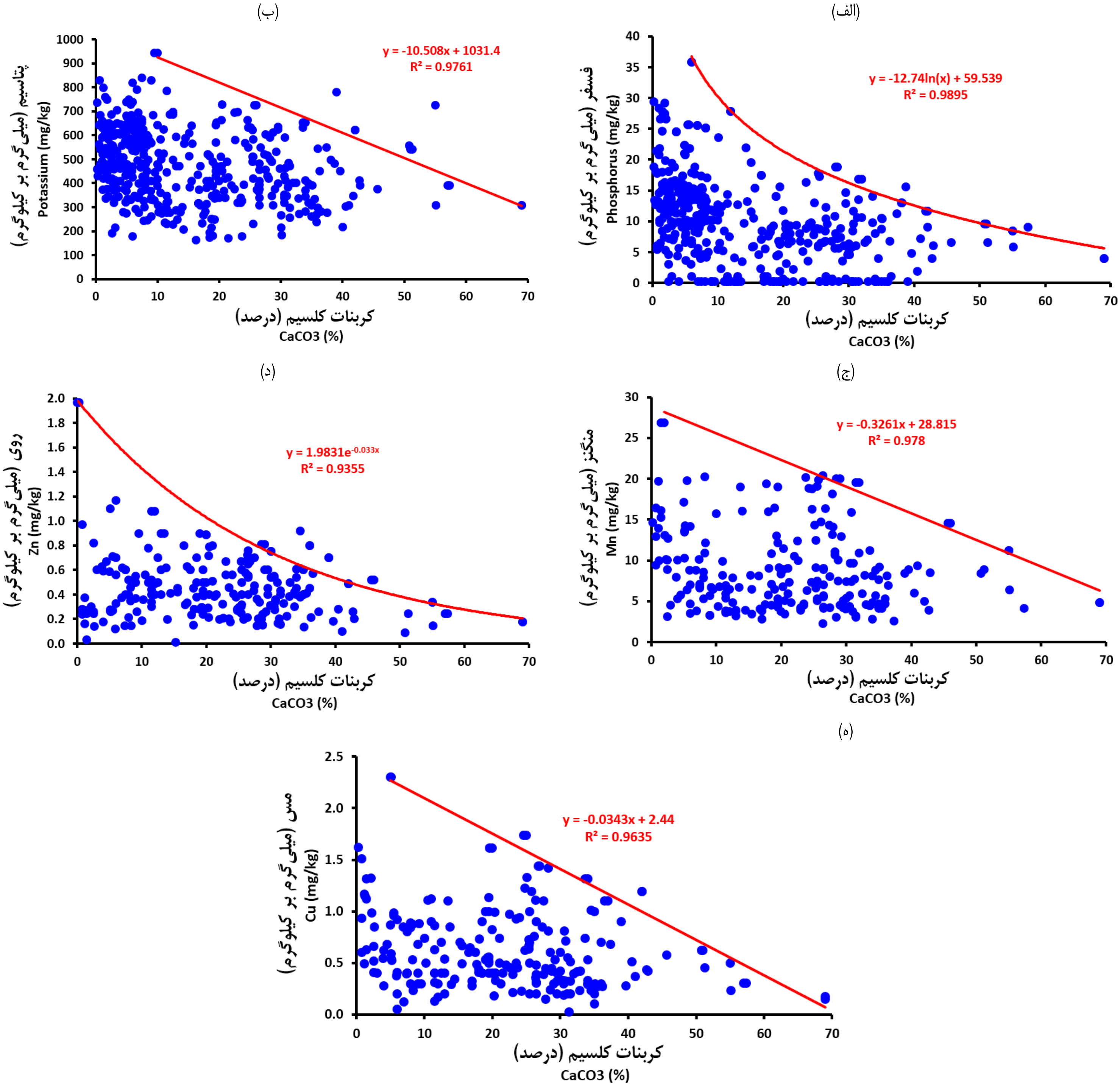
شکل ۲- مقایسه وضعیت ویژگی‌های مختلف خاک در دیمزارهای شمال‌غرب کشور با شاخص NIV محاسبه شده با دو کلاس‌بندی ۱ و ۲

Figure 2- Comparison of the status of different soil properties in northwest of Iran drylands by NIV (calculated with two classifications 1 and 2)

د) ارتباط بین ویژگی‌های خاک در دیمزارهای شمال‌غرب کشور

بررسی روابط بین ویژگی‌های خاک نشان می‌دهد، با افزایش هدایت الکتریکی خاک، آهن و منگنز قابل جذب به‌طور معنی‌داری افزایش اما با افزایش pH خاک غلظت روی افزایش و غلظت آهن، منگنز، مس، فسفر، پتاسیم، نیتروژن کل و میزان ماده آلی کاهش یافت (جدول ۶). یکی از پارامترهای تاثیرگذار بر غلظت عناصر غذایی در خاک میزان کربنات کلسیم معادل در خاک می‌باشد. به طوری که با افزایش این ویژگی در خاک غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس قابل جذب به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). مطابق نمودار پراکنش کربنات کلسیم معادل با عناصر غذایی فسفر (شکل ۳الف)، پتاسیم (شکل ۳ب)، منگنز (شکل ۳ج)، روی (شکل ۳د) و مس (شکل ۳ه) در خاک به ترتیب در مقادیر حدود ۲۸، ۵۵، ۴۵، ۲۲ و ۳۸ درصد کربنات کلسیم معادل در خاک، غلظت این عناصر نسبت به حداکثر غلظت آنها در خط مرزی حدود ۵۰ درصد کاهش می‌یابد. به بیان دیگر، این روند نشان می‌دهد، قابلیت جذب عناصر روی و فسفر در مقایسه با سایر عناصر غذایی به روند افزایش آهک در دیمزارها حساسیت بیشتری دارند و در این میان عنصر پتاسیم و سپس منگنز کمترین حساسیت را نشان دادند. راهب و همکاران (۳۸) نیز با بررسی رابطه بین ویژگی‌های مختلف خاک در سه اقلیم خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب شمال‌غرب کشور گزارش کردند که بین آهک خاک و فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. راغب و همکاران (۳۷) نتیجه مشابهی را در شرایط کشور مصر گزارش کردند.

با افزایش میزان فسفر قابل جذب در دیمزارها، غلظت عناصر کم مصرف آهن، منگنز و مس به‌طور معنی‌داری افزایش و روی کاهش یافت. همچنین با افزایش پتاسیم قابل جذب در خاک غلظت عناصر کم مصرف آهن، مس، منگنز و روی افزایش یافت. لازم به ذکر است که بررسی نمودار پراکنش این ویژگی‌ها، افزایش عناصر را تا سطحی از پارامتر اول نشان دادند. به عنوان مثال افزایش فسفر قابل جذب تا حدود ۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم باعث افزایش منگنز و در مقادیر بیش از آن باعث کاهش منگنز قابل جذب در خاک شد. در خصوص رابطه بین پتاسیم و عناصر آهن و منگنز نیز چنین روندی حاکم می‌باشد که تا مقادیر ۴۵۰ الی ۴۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم در خاک، غلظت آهن و منگنز افزایش و بعد از آن به شدت کاهش می‌یابد. مسئله جالب دیگر اینکه بین ذرات تشکیل دهنده بافت خاک با برخی عناصر غذایی همبستگی معنی‌داری وجود دارد. به طوری که بین سیلت و آهن و منگنز همبستگی منفی و معنی‌دار و رس با آهن و مس همبستگی مثبت و با روی همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۶). بررسی روند پراکنش بین اجزای سیلت و رس با عناصر کم مصرف جزئیات این ارتباط را به خوبی آشکار می‌کند، به طوری که با افزایش میزان سیلت تا محدوده ۳۰ تا ۳۵ درصد، غلظت عناصر کم مصرف آهن، منگنز، روی و مس افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش درصد رس خاک به محدوده ۳۵ تا ۳۸ درصد غلظت روی و منگنز افزایش و بعد از آن کاهش می‌یابد.



شکل ۳- نقاط پراکنش بین کربنات کلسیم معادل با فسفر (الف)، پتاسیم (ب)، روی (ج) و مس قابل جذب (د) در خاک دیمزارهای شمال‌غرب کشور

Figure 3- Scatter diagrams of calcium carbonate equivalent (CCE) and P (a), K (b), Zn (c) and Cu (d) in Iran northwest drylands

جدول ۶- همبستگی خطی (پیرسون) بین ویژگی‌های خاک در دیمزارهای شمال‌غرب ایران

Table 6- Pearson's correlation coefficients of soil properties in Iran North West drylands

ویژگی Variables	EC	pH	O.M	Total N	P	K	$CaCO_3$	Fe	Mn	Zn	Cu	Clay	Sand
pH	-0.22**												
O.M	-0.14**	-0.26**											
N	-0.11*	-0.17**	0.29**										
P	-0.06ns	-0.14**	0.08ns	-0.04ns									
K	0.05ns	-0.16**	0.20**	-0.02ns	0.21**								
$CaCO_3$	0.04ns	-0.13**	0.10*	0.04ns	-0.42**	-0.24**							
Fe	0.36**	-0.77**	0.33**	-0.08ns	0.45**	0.23**	-0.06ns						
Mn	0.29**	-0.53**	0.18**	-0.01ns	0.39**	0.18**	-0.16**	0.63**					
Zn	-0.04ns	0.37**	-0.09ns	-0.08ns	-0.13**	0.13**	-0.17**	-0.16**	0.01ns				
Cu	0.10*	-0.30**	0.18**	-0.07ns	0.33**	0.38**	-0.20**	0.39**	0.46**	0.44**			
Clay	0.05ns	-0.10*	0.12**	-0.01ns	-0.08ns	-0.03ns	0.11*	0.20**	0.06ns	-0.10*	0.34**		
Sand	0.01ns	-0.19**	-0.06ns	-0.03ns	0.03ns	-0.06ns	-0.02ns	0.09ns	0.10*	-0.09ns	-0.26**	-0.44**	
Silt	-0.11*	0.35**	-0.02ns	0.01ns	0.09ns	0.06ns	-0.16**	-0.46**	-0.26**	0.31**	-0.02ns	-0.37**	-0.40**

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱٪

ns, * & **: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد، ارزش شاخص عناصر غذایی (NIV) توانست وضعیت حاصلخیزی و تغییرات ویژگی‌های خاک را در دیمزارهای شمال‌غرب کشور مورد ارزیابی قرار دهد و به عنوان روشی ساده توصیه‌های کاربردی مناسبی برای مدیریت این اراضی ارائه دهد. تفاوت‌هایی در کلاس‌بندی ویژگی‌های خاک در دو روش گومز (۲۱) و مرسوم وجود داشت. به طوری که روش گومز (۲۱)، EC، ماده آلی، آهن و مس قابل جذب، تاحدودی فسفر قابل جذب و کربنات کلسیم معادل را بیش از روش مرسوم ارزیابی نمود. این اختلاف به دلیل تفاوت در مقادیر ارزش مرز بین کلاس‌های کم-متوسط و متوسط-زیاد ویژگی‌های خاک در این دو روش بود. هر دو روش گومز (۲۱) و مرسوم به خوبی نشان دادند که برای تولید بهینه گندم دیم در این اراضی در کنار مصرف کودهای اصلی نیتروژنی و فسفری باید به مدیریت عناصر کم‌مصرف نیز توجه شود.

منابع

1- Ahmadi Golidaraga S., Abbasi Kalob A., and Esmali Ouri A. 2017. Preparation and mapping of soil fertility map based on some chemical properties using GIS in the Ardabil plain.1st International and 5st National Conference on Organic vs. Conventional Agriculture.16-17 Agust 2017. University of Mohaghegh Ardabili, IRAN.

2- Ahmadi M., Mohebalipour N., Feizi-Asl V., and Eskandari I. 2013. Effect of manganese, zinc and boron micronutrients foliar application at different growth stages on quantitative characteristics of rainfed wheat cultivars. Agroecology Journal 9(2): 1-6. (In Persian with English abstract)

3- Ali Ehyaei M., and Behbahanizadeh A.A. 1993. Description of soil method analysis. Soil Water Reserch Institute, Bulltein No. 893. (In Persian)

4- Arjumend T., and Abbasi M.K. 2016. Spatial variability in soil properties and diagnostic leaf characteristics of apple (*Malus domestica*) in apple growing region of Dheerkot Azad Jammu and Kashmir (AJK), Pakistan. Pakistan Journal of Botany 48(2): 503-510.

5- Ashraf M., Ahmad Tahir F., Nasir M., Bilal Khan M., and Umer F. 2015. Distribution and Indexation of Plant Available Nutrients of District Layyah, Punjab Pakistan. American Journal of Agriculture and Forestry 3(2): 16-20.

6- Beg K., and Chaurey R. 2018. Assessment of soil fertility and nutrients status of Simrawal and part of Asrawal watershed, Tons sub-Basin, Ganga Basin. International Journal of Advanced Scientific Research and Management 3(6): 78-85.

7- Cabrera R.I., and J.R. Johnson. 2014. Monitoring and managing soluble salts in ornamental plant production. Rutgers, the State University of New Jersey. 88 Lipman Drive, New Brunswick, NJ 08901-8525.

8- Denis M.K.A., Patil L.P., Kamara A.M., and Saidu D.H. 2017. Assessment of soil fertility status using nutrient index approach. Academia Journal of Agricultural Research 5(2): 28-38.

9- Dhamak A.L., Meshram N.A., and Waikar S.L. 2014. Identification of Major Soil Nutritional Constraints in Vertisol, Inceptisol and Entisol from Ambajogai Tahsil of Beed District. Journal of Research in Agriculture and Animal

Science 2(10): 35-39.
10- Eskandari I., and Feiziasl V. 2016. Influence of Conservation tillage on some soil physical properties and crop yield in vetch-wheat rotation in dryland cold region. Journal of Agricultural Machinery 7(2): 451-467. (In Persian with English abstract)
11- Fatahinejad E., Siadat A., Esfandeyari M., Moghadesi R., and Moezi A. 2013. Effect of phosphorus fertilizer on yield, oil and canola protein in dry farming in different groups of soil phosphorus fertility. Crop Physiology Journal 5(18): 83-100. (In Persian with English abstract)
12- Feiziasl V. 2016. Evaluation of dryland barley (*Hordum vulgare*) genotypes response to the nitrogen rates and application times. Journal of Water and Soil 31(2): 490-508. (In Persian with English abstract)
13- Feiziasl V. and Valizadeh G.R. 2003. The effects of nitrogen rates and application times on wheat yield under dryland farming conditions. Iranian Journal of Soil and Water Science 17(1): 29-38. (In Persian with English abstract)
14- Feiziasl V., and Valizadeh G. 2004. Effects of phosphorus and zinc fertilizer applications on nutrient concentrations in plant and grain yield in cv. Sardari «*Triticum aestivum*» under dryland conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 6(3): 223-238. (In Persian with English abstract)
15- Feiziasl V., Fotovat A., Astarae A.R., Lakzian A., Mousavi S.B. 2014. Effect of optimized nitrogen application in reducing drought stress effect on grain yield of some rainfed bread wheat genotypes. Seed and Plant Production Journal 30(2): 169-198. (In Persian with English abstract)
16- Feiziasl V., Fotovat A., Astaraei A., Lakzian A., and Jafarzadeh J. 2019. Determination of chlorophyll content and nitrogen status using SPAD in dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 17(2): 221-240. (In Persian with English abstract)
17- Feiziasl V. 2002. Determining the optimum rate of fertilizer for rainfed sunflower in Maragheh region. Journal of Agricultural Science 1(12): 59-70. (In Persian with English abstract)
18- Feiziasl V. 2006. Determination of Fe, Mn, Zn and Cu critical levels and classification for dryland wheat (*T. aestivum*. L.) in North western of Iran. Iranian Journal of Agricultural Sciences. Journal of Agriculture 37(1): 389-401. (In Persian with English abstract)
19- Feiziasl V., Kasraei R., Moghaddam M., and Valizadeh Gh.R. 2004. Investigation on uptake limitation and nutrient deficiency diagnosis at applied phosphorus and zinc fertilizers by different methods in Sardari wheat. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11: 23-33. (In Persian with English abstract)
20- Ghaffari A., Eskandari I., Hassanpour Hosni M., Roustaei M., and Feiziasl V. 2007. Dry farming wheat: planting, cultivation and harvesting. Agricultural Education Publishing. p. 158. (In Persian).
21- Gomes F.P. 1985. Curso de estatística experimental. São Paulo: Nobel, 467p.
22- Hakimi, A. 1986. The briefly study of soil science in Hashtrood. Soil and Water Research Institute, Agriculture Ministry, Bulltein No. 767. (In Persian).
23- Horneck D.A., Sullivan D.M., Owen J.S., and Hart J.M. 2011. Soil Test Interpretation Guide. Oregon State University Extension Service.
24- Jafari S., and Pishgir M. 2016. Study of factors influencing potassium and ammonium fixation in the soil, clay minerals and its roles in potassium fertilizer consumption. Land Management Journal 3.2(2): 121-139. (In Persian with English abstract)
25- Kumar D., Yadav S.R., Kaur R., Choudhary A., and Singh M.B. 2017. Soil fertility status and nutrient recommendations based on soil analysis of Jaisalmer district of western Rajasthan. Asian Journal of Soil Science 12 (1): 103-107.
26- Kumar R., Chand Hazra G., Das R., Majumder S.P., and Chandra Das A. 2019. Nutrient index of available S in Soils of Howrah and South Dinajpur Districts of West Bengal, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 8(4): 1024-1032.
27- Maguire R.O., and Heckendorn S.E. 2019. Soil test recommendations for Virginia. Virginia Cooperative, Virginia State University. Pages 104.
28- Mandavgade R.R., Waikar S.L., Dhamak A.L., and Patil V.D. 2015. Evaluation of micronutrient status of soils and their relation with some chemical properties of soils of Northern Tahsils (Jintur, Selu and Pathri) of Parbhani district. Journal of Agriculture and Veterinary Science 8(2): 38-41.
29- Maralian H. 2009. Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. African Journal of Biotechnology 8(24): 6795-6798.
30- Marschner H. 1995. Functions of mineral nutrients: micronutrients. In: mineral nutrition of higher plants, 2nd Edition, Academic Press, London 313-404.
31- Mirtalebi S., Karimi A., Soleymani A., and Hoodaji M. 2015. Effects of manganese on yield, yield components, and grain quality of wheat cultivars. Iranian Journal of Field Crops Research 12(4): 649-657. (In Persian with English abstract)
32- Mondal K., and Ramkala R. 2016. Fertility map and horizontal soil potassium status of north-eastern region of Haryana. Journal of Applied and Natural Science 8(4): 2077-2080.

33- Oreei T., Dehghanipour M., and Amjadi H. 2018. Production and growing of fruits and ornamental trees. Iran's Textbooks Printing and Publishing Company. (In Persian)
34- Parker F.W., Nelson W.L., Winters E., and Miles I.E. 1951. The broad interpretation and application of soil test Information. Agronomy Journal 43: 105-112.
35- Parvizi Y., Gorji M., Husaini Joodaki R., and Parvizi K. 2016. Effects of land use change from low yield drylands to agro-forestry on soil physical properties and organic carbon stock. Iranian Journal of Forest 7: 523-538. (In Persian with English abstract)
36- Pathak H. 2010. Trends of fertility status of Indian soil. Current Advances in Agricultural Sciences 2(1): 10-12.
37- Ragheb H.M.A., Hala H., Youssef G.M.A., and Ali A.M.A. 2017. Fertility status and indices of micronutrients in Nile Valley soils, east of the Nile River, Assiut Governorate, Egypt. Egyptian Journal of Soil Science 57(2): 189-199.
38- Raheb A., Heidari A., and Mahmoodi S. 2016. Geochemical properties of some soils developed on basalt rocks of North-West Iran. Iranian Journal of Soil and Water Research 47(4): 807-818. (In Persian with English abstract)
39- Ravikumar P., and Somashekar R.K. 2013. Evaluation of nutrient index using organic carbon, available P and available K concentrations as a measure of soil fertility in Varahi River basin, India. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences 3(4): 330-343.
40- Roy R.N., Finck A., Blair G.J., and Tandon H.L.S. 2006. Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management. FAO Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy.
41- Seyed Ghiasi M.F 1991. Detailed soil surveys and land calsification for Maragheh Dryland Agricultural Research Station. Agricultural Research Center of East Azarbaijan, Tabriz, Iran. Bulltein No. 495. (In Persian)
42- Shahbazi K., and Besharati H. 2013. Overview of agricultural soil fertility status of Iran. Land Management Journal 1(1): 1-15. (In Persian with English abstract)
43- Shahid S.A., Zaman M., and Heng L. 2018. Soil salinity: historical perspectives and a world overview of the problem. p. 43-53. In M. Zaman, S.A. Shahid and L. Heng (ed.) Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques. Springer, Cham.
44- Singh B., and Singh Y. 2015. Soil fertility: Evaluation and management. p. 649-669. In: Rattan RK, Dwivedi B.S., Sarkar A.K., Bhattachryya T., Tarafdar J.C., and Kukal S.S. (eds). Soil science: an introduction. Is ted. Indian Society of Soil Science.
45- Soofi L., Heidari Gh., Siosemardeh A., and Hosseinpanahi F. 2017. The effect of zinc Sulfate foliar spray on yield and yield components of sardari wheat ecotypes. Plant Production Technology 8(2): 69-86. (In Persian with English abstract)
46- Thejaswini C., Alur A.S., Shivanna M., Kumar S.A., Prashanth S.J., Dhannanjaya B.N., and Naikodi P.K.B. 2019. Land resource inventory and soil mapping for fertility status of uumnabad sub-watershed. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 8(2): 3264-3273.
47- Zarrinkafsh M. 1988. Soil survey; methods of analysis for soils, plants and waters. Tehran University Publications. Pages 245. (In Persian)

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 4, Sept-Oct 2020, p. 897-919

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۹، ص. ۹۱۹-۸۹۷

Evaluation of Soil Fertility Status in Northwest of Iran Drylands by Nutrient Index Value (NIV)

V. Feiziasl[1*]
Received: 01-12-2019
Accepted: 10-03-2020

Introduction: Dryland farming is a major agricultural practice in northwest of Iran. Accurate understanding of soil fertility status is one of the basic needs of dryland agricultural system. Soil chemical properties play an important role in soil fertility. Assessing soil fertility is an essential need to identify environmental-friendly strategies leading to more sustainability in agricultural systems. Unfortunately, plant nutrients are insufficient in many dry farming areas of Iran, or soil conditions do not allow plant to uptake certain nutrients. Therefore, soil scientists focus on using commercial fertilizers and manures (rotation system and conservation tillage) to add nutrients and organic matter to soil. The fertility of soils can be further improved by cultivation of cover crops through adding organic matter to the soil which leads to a healthy soil with more macro-nutrients and micro-nutrients content and better structure. Therefore, evaluation of soil fertility is a basic tool for decision management in drylands and estimation of capacity of soil to maintain a continuous supply of plant nutrients for a crop production. Evaluation of soil fertility in drylands of the northwest Iran have two objectives 1) Assess nutrient status of soil-crop system 2) Diagnose suspected nutrient imbalances.

Materials and Methods: This study was carried out in northwest of Iran drylands including: west Azarbayjan, east Azarbayjan, Kurdistan and Kermanshah provinces. A total of 674 soil samples were collected from farmer's fields in east Azarbayjan, west Azarbayjan, Kurdistan and Kermanshah 414, 97, 90 and 73 samples, respectively. The surface soil samples were taken from 0-25 cm depth in each field before the sowing of the rainfed plants in autumn by composite sampling method. After collection, soil samples were immediately dried, grounded, screened through 2 mm sieve, labelled and stored in plastic container. The samples were analyzed for 12 chemical and physical parameters include: soil texture (hydrometer method), pH (saturation paste) and EC (saturated extract), organic carbon, Total N (Kejeltak), calcium carbonate equivalence (acid-neutralizing value), phosphorus (Olsen), potassium (sodium bicarbonate extracted) and iron, zinc, Mn and copper (DTPA extracted). Soil samples were categorized as low, medium and high on the basis of their availability in soils by two Gomes (1985) (equation 1) and common (nutrient classification by critical level method for dryland wheat) methods.

$X_i \leq \bar{X} - SD$ Low
$\bar{X} - SD < X_i < \bar{X} + SD$ Medium Equation (1)
$X_i \geq \bar{X} + SD$ High

Where, X_i, $\bar{X}$ and SD are soil property, average of soil property in all area and standard deviation of soil property, respectively. In order to compare the levels of soil fertility of one province with those of another it is necessary to obtain a single value for each nutrient. Nutrient index value (NIV) was calculated by Parker et al., (1951) method (equation 2) for soil samples of each province or district from the proportion of soils under low, medium and high categories using following equation:

$$NIV = \frac{(1 \times S_{Low} + 2 \times S_{Medium} + 3 \times S_{High})}{S_{Low} + S_{Medium} + S_{High}} \quad \text{Equation (2)}$$

Where, S_{Low}, S_{Medium} and S_{High} are number of samples testing low, medium and high category in each province, respectively. If the NIV is less than 1.67, the soil fertility status is low, the value of 1.67-2.33 reveals optimum fertility (sufficient nutrients). The values greater than 2.33 denote high fertility status.

Results and Discussion: The results showed that, the Gomes (1985) method could not classify the soil properties in all studied regions (population) correctly, due to the tends towards central limit theorem (optimal condition). Calculation of NIV showed that using conventional method (critical levels) for classification of soil properties was better than Gomes (1985) method because it was more compatible with the field conditions. The results revealed that soil salinity and calcium carbonate did not seriously make problems in dryland areas. However, increasing the amount of calcium carbonate decreased soil phosphorus, potassium, Fe, Mn, Zn and Cu, significantly. Soil phosphorus and Zn were more influenced by increasing calcium carbonate. Assessment of soil

1- Assistante Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
(*- Coresponding Author Email: vfeiziasl@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jsw.v34i4.84165

fertility status by NIV showed that, soil organic matter was low (deficient) in west and east Azerbaijan with 92 and 69 percent of those areas. But total nitrogen was optimum (sufficient) in all areas with 98 percent averagely (except east Azarbayjan). This is mainly due to the application of nitrogen fertilizers in wheat drylands and conservation tillage system in some areas. Soil phosphorus was evaluated low in two west Azerbaijan (81%) and Kermanshah (67%) provinces, but in east Azerbaijan (68 %) and Kurdistan (85%) were sufficiency or high for wheat production. Potassium was more than sufficiency (high) in 90 percent of all areas averagely. Micronutrients deficiency were observed in some provinces. The results showed the deficiency of Fe with 100 and 69 percent in west Azarbayjan and Kurdistan, respectively. Deficiency of Mn with 89 percent of west Azarbayjan, Zn with 84 percent in east Azarbayjan and Cu with 100 and 87 percent in west and east Azarbayjan were also the other obtained results of this study, respectively. The results of present study suggested that nitrogen and phosphorus fertilizer applications can also be important in micronutrient management in dryland areas.

Conclusion: It can be concluded that the capability of critical level method is better than Gomes (1985) method in classification of soil properties. Nutrient index value (NIV) method can efficiently evaluate soil fertility status in Iran drylands. According to this research, Fe, Zn and Cu nutrient deficiencies are just as important as P and N deficiencies in Iran dryland areas.

Keywords: Dryland, Northwest of Iran, Nutrient index value, Soil fertility